Written according to the syllabus of Chemistry approved for Classes IX & X of Higher Secondary and Multipurpose Schools

মধ্যমিক রসায়ন

FOR CLASSES IX & X OF HIGHER SECONDARY & MULTIPURPOSE SCHOOLS

শ্রীবিজয়কালী গোস্বামী, এম. এসসি
যাদবপুর বিশ্ববিদ্যালয়ের রসায়নের অধ্যাপক, মেদিনীপুর কলেজের ভূতপূর্ব
রসায়নের অধ্যাপক, স্কটিশচার্চ কলেজের ভূতপূর্ব রসায়নের
অধ্যাপক, কলিকাতা বিশ্ববিদ্যালয়ের
রসায়নের পরীক্ষক।

ও

শ্রীনৃপেন্দ্রনাথ সিংহ, এম. এসসি
কলিকাতা বিশ্ববিদ্যালয়ের রসায়নের ভূতপূর্ব
স্যার রাসবিহারী ঘোষ রিসার্চ স্কলার ও উড্রো-স্কলার

প্রকাশ ভবন
১৫ বঙ্কিম চাটুজ্জে স্ট্রীট। কলিকাতা-১২

প্রথম সংস্করণ—ফাল্গুন, ১৩৬৪
দ্বিতীয় সংস্করণ—অগ্রহায়ণ, ১৩৬৫
তৃতীয় সংস্করণ—চৈত্র, ১৩৬৬

প্রকাশক—সোমশুভ্র মুখোপাধ্যায়
প্রকাশ ভবন
১৫ বঙ্কিম চাটুজ্জে স্ট্রীট,
কলিকাতা-১২

মুদ্রাকর—বঙ্কিমবিহারী রায়
অশোক প্রিণ্টিং ওয়ার্কস
৭।এ, বলাই সিংহ লেন,
কলিকাতা-৯

সাত টাকা পঞ্চাশ নয়া পয়সা

সূচীপত্র

নবম শ্রেণী

বিষয় পৃষ্ঠা

প্রথম অধ্যায় ঃ ভূমিকা ... ১—১২

প্রাকৃতিক সূত্র, জড় ও শক্তি. আধুনিক জীবনে রসায়নের দান, রসায়নের ইতিহাস, মাপের একক

দ্বিতীয় অধ্যায় ঃ সরল রাসায়নিক যন্ত্রপাতির সহিত পরিচয় ১৩—৩০

তরল রাখিবার আধার, তরল মাপিবার আধার, ধৌত-বোতল গঠন, কাচ-কাটা, কাচ-বাঁকানো, তুলাযন্ত্র, বুনসেন দীপ, বিউরেট, পিপেট, ফানেল, উল্ফ বোতল

তৃতীয় অধ্যায় ঃ সাধারণ পরীক্ষাগার প্রণালী ... ৩১—৫৭

দ্রবণ, আস্রাবণ, পরিস্রাবণ, পাতন, আংশিক পাতন, আন্তর্ধূমপাতন, গলনাঙ্ক নির্ণয়, স্ফুটনাঙ্ক নির্ণয়, বাষ্পীভবন, কেলাসন, ঊর্ধ্বপাতন, শোষকাধার, গ্যাস-সংগ্রহ, বিশুদ্ধ পদার্থ প্রস্তুত করণ

চতুর্থ অধ্যায় ঃ সাধারণ নীতি .... ৫৮—৯৬

জড়, অণু, পরমাণু, ভৌত অবস্থা, পদার্থের স্বরূপ-নিরূপণ; ভৌত ও রাসায়নিক পরিবর্তন, মৌল ও যৌগ, মিশ্র ও যৌগিক পদার্থ, ধাতু ও অধাতু, চিহ্ন, সংকেত, সমীকরণ, যোজ্যতা, রাসায়নিক

পঞ্চম অধ্যায় ঃ বায়ু ... ৯৭—১০৯

বায়ু মিশ্র পদার্থ, যৌগ নহে, বায়ুর উপাদান, বায়ুর সংযুতি, লাভয়সিয়ারের পরীক্ষা

ষষ্ঠ অধ্যায় ঃ অক্সিজেন ... ১১০—১২৪

প্রস্তুত প্রণালী, পণ্য উৎপাদন, অম্লঘটক, ধর্ম, ব্যবহার, অক্সাইড

বিষয় পৃষ্ঠা

সপ্তম অধ্যায়ঃ নাইট্রোজেন .... ১২৫—১২৯

প্রস্তুত-প্রণালী, ধর্ম, ব্যবহার

অষ্টম অধ্যায়ঃ অ্যাসিড, ক্ষার ও লবণ ... ১৩০—১৩৬

নবম অধ্যায়ঃ জল ... ১৩৭—১৮০

স্বাভাবিক জল, জলে দ্রবীভূত গ্যাসের রোগ-নিরাময়ক গুণ, পানীয় জলের বিশুদ্ধি-করণ, খর জল ও মৃদু জল, জলের দ্রাবক-শক্তি, জলের উপর ধাতব মৌলের ক্রিয়া, জলের সংযুতি (আয়তনিক ও তৌলিক), ডুমার পরীক্ষা, দ্রবণ, দ্রাব্যতা-নির্ণয়, দ্রাব্যতা-ছক, কেলাস-জল নির্ণয়, তরলে গ্যাসের দ্রাব্যতা, কলয়েড দ্রব

দশম অধ্যায়ঃ হাইড্রোজেন .... ১৮১—১৯০

প্রস্তুত প্রণালী, পণ্য উৎপাদন, ধর্ম, ব্যবহার, জায়মান অবস্থা।

একাদশ অধ্যায়ঃ জারণ ও বিজারণ ... ১৯১—১৯৪

দ্বাদশ অধ্যায়ঃ পারমাণবিক ও আণবিক ওজন ১৯৫—১৯৮

ত্রয়োদশ অধ্যায়ঃ সরল রাসায়নিক গণনা .. ১৯৯—২১২

শতকরা সংযুতি, ঘনাঙ্ক, আয়তন, আণবিক ওজন, ফরমূলা নির্ণয়, ওজন-সম্পর্কিত অঙ্ক

ফলিত রসায়ন .... ২১৩—২২৭

প্রয়োজনীয় ফরমূলা ও সমীকরণ ... ২২৮—২২৯

দশম শ্রেণী

প্রথম অধ্যায়ঃ হাইড্রোজেন পারক্সাইড ২৩১—২৩৯

প্রস্তুত-প্রণালী—পরীক্ষাগার প্রণালী, শিল্পোৎপাদন, কম চাপে পাতন, ধর্ম, ব্যবহার ও সংযুতি।

দ্বিতীয় অধ্যায়ঃ ভরের নিত্যতাসূত্র— ২৪০—২৪৫

বাতির দহন, কয়লার দহন, ল্যাভয়সিয়ারের পরীক্ষা ইত্যাদি।

বিষয় — পৃষ্ঠা

তৃতীয় অধ্যায়ঃ রাসায়নিক সংযোগ সূত্র ২৪৬—২৫৪

স্থিরানুপাত সূত্র, গুণানুপাত সূত্র, বিথোনুপাত সূত্র, গ্যাসায়তন সূত্র, ডালটনের পরমাণুবাদ

চতুর্থ অধ্যায়ঃ অ্যামোনিয়া ২৫৫—২৬৯

প্রস্তুত-প্রণালী, শিল্পোৎপাদন, ধর্ম, ব্যবহার, বরফ-কল হিমায়ক, অ্যামোনিয়াম লবণ।

পঞ্চম অধ্যায়ঃ নাইট্রিক অ্যাসিড ২৭০—২৮৭

প্রস্তুত-প্রণালী, শিল্পোৎপাদন, ধর্ম, ব্যবহার, ধাতুর উপর ক্রিয়া, অভীক্ষণ, নাইট্রেট, নাইট্রেটের উপর তাপের ক্রিয়া।

ষষ্ঠ অধ্যায়ঃ নাইট্রোজেনের অক্সাইড ২৮৮—৩০১

নাইট্রাস অক্সাইডের প্রস্তুতি ও ধর্ম।

নাইট্রিক অক্সাইড—প্রস্তুতি ও ধর্ম, নাইট্রোজেন পারক্সাইড-প্রস্তুতি ও ধর্ম, নাইট্রোজেনচক্র, নাইট্রোজেন বন্ধন

সপ্তম অধ্যায়ঃ ফসফরাস ৩০২-৩৩০

ফস্‌ফরাসের অবস্থান, ফস্‌ফরাস চক্র, ফস্‌ফরাসের প্রস্তুতি, শ্বেত ফস্‌ফরাস ও লোহিত ফস্‌ফরাসের প্রস্তুতি, ধর্ম ও ব্যবহার, ফস্‌ফরাস ও নাইট্রোজেনের তুলনা, ফস্‌ফরাস ট্রাই-অক্সাইড ও ফস্‌ফরাস পেণ্টোক্সাইড, ফস্‌ফরিক অ্যাসিড, অর্থোফস্‌ফেট, ফস্‌ফিন নাইট্রোজেন ও ফরফরাস সার, আরসেনিক, আরসেনাইট ও আরসেনেটের তুলনা।

অষ্টম অধ্যায়ঃ কারবন ও ইহার অক্সাইড ৩৩১—৩৭৮

কারবনের বহুরূপ—হীরক, গ্রাফাইট, কয়লা। ভূষাকয়লা. পাথুরে কয়লা, কোক, গ্যাস-কয়লা, কারবন—প্রস্তুতি, ধর্ম ও ব্যবহার, কারবন ডাই-অক্সাইডের প্রস্তুতি, ধর্ম ও ব্যবহার এবং আয়তনিক ও তৌলিক সংযুতি, খড়িমাটি, মার্বেল প্যাথর, চুনাপাথর, চুনের প্রস্তুতি, ধর্ম ও ব্যবহার, ধৌত সোডার পণ্য উৎপাদন—সল্ট কেক পদ্ধতি, সলভে পদ্ধতি, হারগ্রভস বার্ডপদ্ধতি, বেকিং পাউডার, কারবনেট ও বাইকারবনেট, কারবন ডাই-অক্সাইড চক্র, খনিজ জল, কারবন মনোক্সাইডের প্রস্তুতি, ধর্ম ও ব্যবহার।

বিষয় পৃষ্ঠা

নবম অধ্যায়ঃ গ্যাসের আচরণ ৩৭৯—৩৯৯

বয়েল সূত্র, চার্লস সূত্র, গ্যাস সমীকরণ,গে-লুসাকের গ্যাসের আয়তনসূত্র।

দশম অধ্যায়ঃ অ্যাভোগাড্রোর সূত্র ও ইহার প্রয়োগ ৪০০—৪১৬

আণবিক ওজন ও ঘনত্বের সম্পর্ক, আয়তনের সংযুতি হইতে সূত্র নির্ণয়।

একাদশ অধ্যায়ঃ মৌলের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় ৪১৭—৪২৬

প্রশ্নের সমাধান, গ্রাম-অণু, গ্রাম-আণবিক ওজন (প্রশ্ন)

দ্বাদশ অধ্যায়ঃ সমীকরণ হইতে গণনা ৪২৭—৪৪৪

ত্রয়োদশ অধ্যায়ঃ ক্লোরিন ও ইহার যৌগ ঃ অন্যান্য হ্যালোজেনের তুলনা ৪৪৫—৫০০

সোডিয়াম ক্লোরাইড, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড—প্রস্তুতি, ধর্ম, ব্যবহার ও আয়তনিক সংযুতি, ক্লোরাইড, ক্লোরিন—হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের জারণ, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ও ক্লোরাইডের তড়িৎবিশ্লেষণ হইতে প্রস্তুতি, পণ্য-উৎপাদন, ধর্ম ও ব্যবহার, ব্লিচিং পাউডার ফ্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিনের প্রস্তুতি, হ্যালোজেনের মৌলের তুলনা।

চতুর্দশ অধ্যায়ঃ সালফার ও ইহার যৌগ ৫০১—৫৪৪

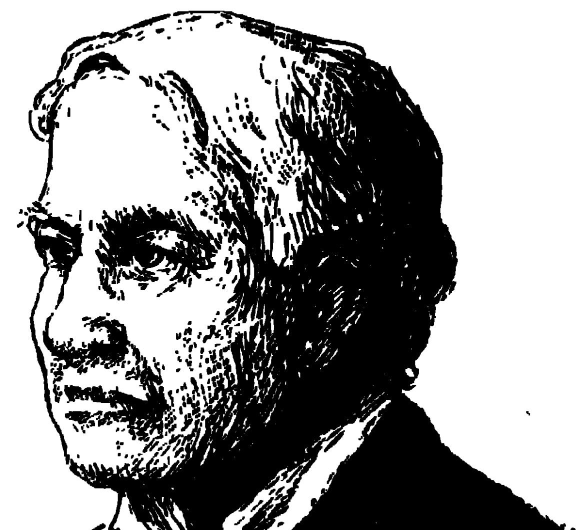
সালফারের নিষ্কাশন, ধর্ম ও ব্যবহার, সালফার ডাইঅক্সাইড প্রস্তুতি, ধর্ম ও ব্যবহার, সালফিউরিক অ্যাসিড—পণ্য উৎপাদন, প্রকোষ্ঠপদ্ধতি ও সংস্পর্শপদ্ধতি, ধর্ম, ব্যবহার সালফেট, হাইড্রোজেন সালফাইড—প্রস্তুতি, ধর্ম ও ব্যবহার সালফাইড।

পঞ্চদশ অধ্যায়ঃ ব্যবহারিক রসায়ন— ৫৪৫—৫৬৪

পরিভাষা, নূতন ধরণের প্রশ্ন, Problems, H. S. প্রশ্ন (1960 ও 1961)

স্টিফেনসন : প্রথম ইংলণ্ডে রেল-গাড়ীর উদ্ভাবক

মার্কনি : বৈদ্যুতিক তরঙ্গের আবিষ্কারক।



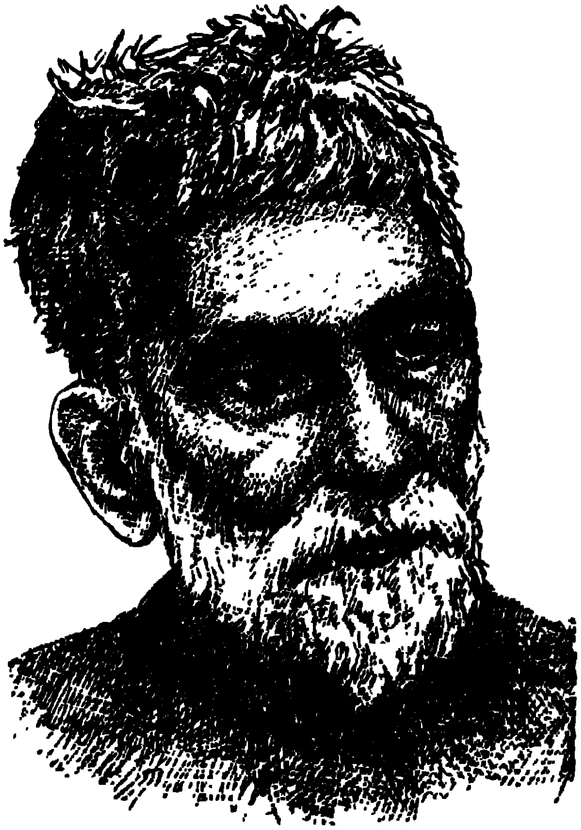
টমাস আলভা এডিসন : গ্রামোফোন, ফিল্‌ম প্রভৃতি বহু জিনিস আবিষ্কার করেন।

কাউণ্ট ভোলটা ঃ চল-বিদ্যুৎ আবিষ্কারক।

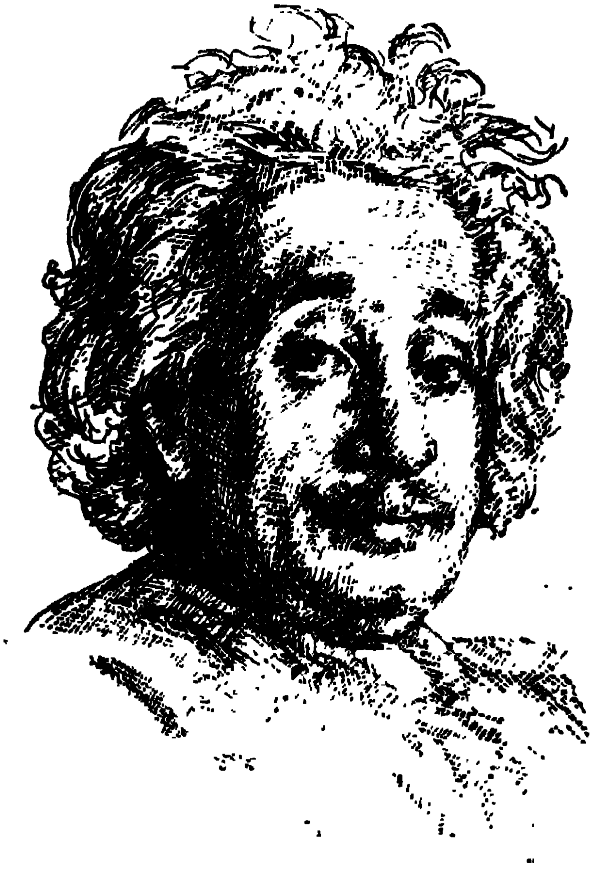
ম্যাডাম কুরী ঃ তেজস্ক্রিয়তার সম্পর্কে
গবেষণার জন্য নোবেল পুরস্কার পান।

চন্দ্রশেখর ভেঙ্কট রমণ ঃ পদার্থ-বিদ্যায়
গবেষণার জন্য নোবেল পুরস্কার পান।

ক্যাভেনডিশ ঃ জলের উপাদান ও হাইড্রোজেন সম্পর্কে গবেষণা করেন।



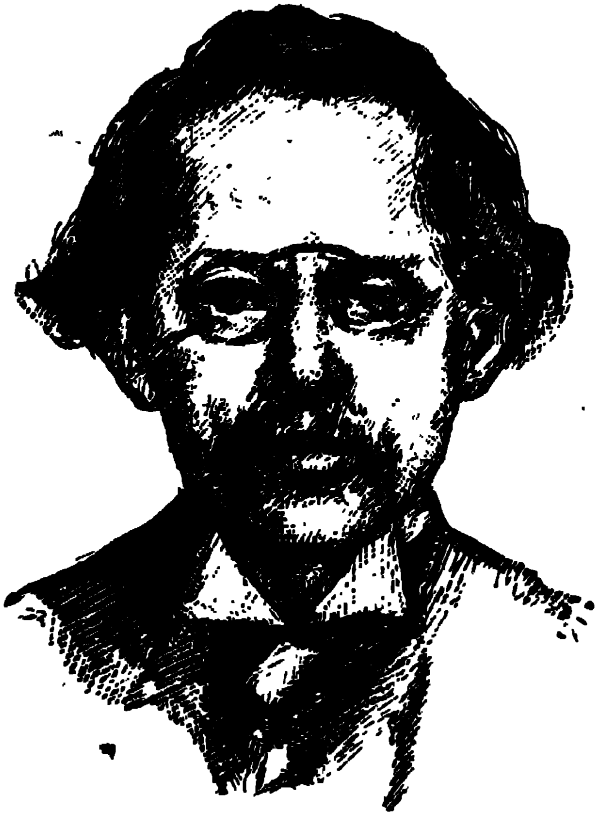
আচার্য প্রফুল্লচন্দ্র রায় ঃ ভারত-বিখ্যাত রাসায়নিক, শিক্ষাবিদ ও নাইট্রাইট জাতীয় পদার্থের আবিষ্কারক।



আইনস্টাইন ঃ আপেক্ষিকবাদের আবিষ্কর্তা। এই তত্ত্ব পদার্থ-বিদ্যায় নূতন আলোড়ন সৃষ্টি করে।

স্যার হামফ্রে ডেভি : নিরাপত্তা বাতির আবিষ্কারক ; তিনি তাপ সম্পর্কে গবেষণা করেন।

চার্য সত্যেন্দ্রনাথ বসু : ইহার আবিষ্কৃত পরিসংখ্যান আধুনিক পদার্থ বিদ্যার ত্তি স্বরূপ।



জে. জে. টমসন : গ্যাসের ভিতর তড়িৎ মোক্ষণ সংক্রান্ত বহুমূল্য গবেষণার জন্য নোবেল পুরস্কার পান।

মাধ্যমিক রসায়ন

প্রথম অধ্যায়

ভূমিকা

[Course Content: The role of Chemistry in modern life—Brief reference to contributions of Chemistry to (a) improved health and sanitation, (b) supply of foodstuffs, (c) increase in comfort, convenience and pleasure. (d) increased efficiency of technical processes etc.

১। **বিজ্ঞান-শিক্ষা ঃ** প্রাকৃতিক বিষয়ের সম্পূর্ণ, শ্রেণীবদ্ধ ও পরীক্ষালব্ধ জ্ঞানকে বিজ্ঞান বলে। প্রকৃতিতে একই কারণে সর্বদা একই ঘটনা সংঘটিত হয়। বৈজ্ঞানিক তাঁহার অনুসন্ধিৎসু মন দ্বারা ইন্দ্রিয়গ্রাহ্য প্রত্যেক প্রাকৃতিক ঘটনার কার্য-কারণ-সম্বন্ধ নির্ণয় করেন। বৈজ্ঞানিক জ্ঞান অর্জনের জন্য হাতে হাতে পরীক্ষা করা (Experiment), পরীক্ষার সময় নির্ভুল ও সূক্ষ্ম পর্যবেক্ষণ করা (Correct observation) এবং বিচারবুদ্ধি প্রয়োগ দ্বারা প্রত্যেক ঘটনার কার্য-কারণ-সম্বন্ধ নির্ণয় করা (Reasoning and inference) প্রয়োজন। নিম্নের উদাহরণ দ্বারা ইহা বোঝানো গেল :—

(ক) **পরীক্ষা ঃ** একটি দীর্ঘ পাত্রে অক্সিজেন লও। একটি জলন্ত বাতি পাত্রের মধ্যে রাখ।

পর্যবেক্ষণ ঃ বাতি খুব উজ্জ্বলভাবে জ্বলে।

সিদ্ধান্ত ঃ অক্সিজেন বাতির দহনে সাহায্য করে।

(খ) **পরীক্ষা ঃ** পাত্রের মুখ কিছু চাপা দিয়া বন্ধ কর।

পর্যবেক্ষণ ঃ কিছুক্ষণ পরেই বাতি নিবিয়া যায়।

সিদ্ধান্ত ঃ অক্সিজেনের অভাবে বাতি নিবিয়া যায়। সুতরাং অক্সিজেন দহনের সাহায্য করে।

নির্ভুল ও সূক্ষ্ম পর্যবেক্ষণী ক্ষমতার জন্য জগতে অনেক বড় বড় তথ্য ও জিনিস আবিষ্কৃত হইয়াছে।

বিজ্ঞান-শিক্ষার আর একটি উদ্দেশ্য হইল—বৈজ্ঞানিক দৃষ্টিভঙ্গীর বিকাশ।

বিজ্ঞান-শিক্ষার জন্য সংস্কারমুক্ত সত্য-সন্ধানী মন প্রয়োজন। সমসাময়িক কুসংস্কারের বিরুদ্ধে তথ্য প্রচার করিবার জন্য গ্যালিলিওকে কারাবাস করিতে হয়।

সত্যের প্রতি অবিচলিত নিষ্ঠা আমাদের দৈনন্দিন জীবনে মহৎ উপকার করে। সমস্ত তথ্য সত্যের মাপকাঠি দিয়া যাচাই করিতে শিক্ষালাভ করা উচিত।

২। **প্রাকৃতিক সূত্র** (**Laws of Nature**) ঃ বিশ্বজগতের অসংখ্য প্রাকৃতিক ঘটনা কতকগুলি নিয়মের অধীন। প্রকৃতির রাজ্যে খামখেয়ালী-ভাবে কিছু ঘটিতে পারে না। যে নিয়ম একই প্রকারের সমস্ত প্রাকৃতিক ঘটনার কার্য-কারণ-সম্বন্ধ নির্ণয় করে, তাহাকে **প্রাকৃতিক সূত্র** বা **নিয়ম** বলে। অক্সিজেনে প্রত্যেক দাহ্য পদার্থের দহনের সময় পরীক্ষার দ্বারা দেখা গিয়াছে যে, অক্সিজেন পদার্থের উপাদানের সহিত রাসায়নিক ভাবে মিলিত হয়। অক্সিজেনে কোন দহনের দৃষ্টান্তে আজ পর্যন্ত পরীক্ষায় জানা যায় নাই যেখানে এই নিয়মের কোন ব্যতিক্রম হইয়াছে। সুতরাং ইহা একটি প্রাকৃতিক নিয়ম। জল হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন নামক দুইটি গ্যাসের রাসায়নিক সংযোগে গঠিত। আজ পর্যন্ত এমন কোন দেশের জল পাওয়া যায় নাই যাহার উপাদান হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন নহে। সুতরাং ইহা একটি প্রাকৃতিক নিয়ম। কতকগুলি প্রাকৃতিক ঘটনার কারণ প্রত্যক্ষভাবে পরীক্ষার দ্বারা জানা যায় না। কারণগুলি অনুমান করিতে হয়। অনুমানকে **প্রকল্প** (hypothesis) বলে। যখন অনুমানের সত্যতা অনেকগুলি জ্ঞাত ঘটনা ও নূতন ঘটনার দ্বারা প্রমাণিত হয় তখন অনুমানকে **তত্ত্ব** বা **বাদ** (**theory**) বলে।

৩। **জড়** (**Matter**) ও **শক্তি** (**Energy**) ঃ জড়, শক্তি ও চেতনা দ্বারা বিশ্বজগতের প্রকাশ। যাহার ওজন আছে, যাহা জায়গা দখল করে তাহাকে **জড়** বলে। জল-বায়ু, লতা-পাতা-গাছ, মাটি-পাথর সব জড়; জড়ের উপর কার্য করিবার ক্ষমতাকে **শক্তি** বলে। শক্তির ওজন নাই। শক্তি জায়গা দখল করে না। সূর্য আলো ও তাপ ছড়ায়। মেঘাচ্ছন্ন আকাশে বিদ্যুৎ চমকায়। চুম্বক লোহা টানে। পাখী গান গাহে, আমরাও কথা বলি, ইহাতে শব্দ সৃষ্টি হয়। আলো, তাপ, বিদ্যুৎ, শব্দ, চুম্বকত্ব শক্তি। শক্তি ও জড়ের অস্তিত্ব আমরা ইন্দ্রিয় দ্বারা অনুভব করি। জলে তাপ দিলে জলের পরমাণুর গতিবৃদ্ধি হয়। ইহাতে এঞ্জিন চলে। এখানে জল জড়, তাপ শক্তি।

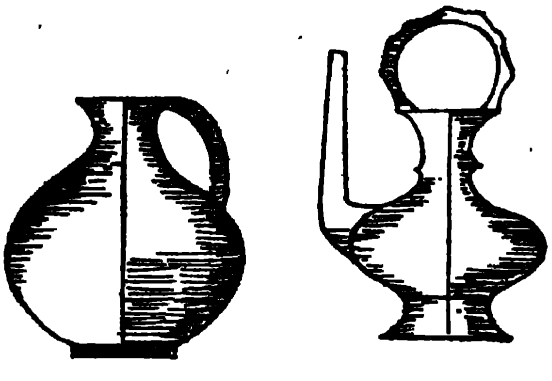
৪। **রসায়ন** ঃ (যে শাস্ত্রে জড়ের (matter) গঠনভঙ্গী, বিভিন্ন ধর্ম ও

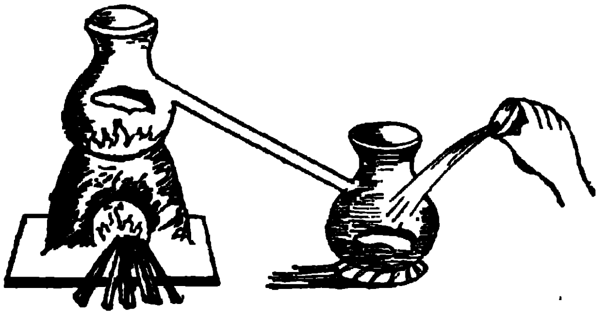
পরিবর্তন, সংযুতি (composition) ও বিয়োজন (decomposition) এবং এক জড়ের উপর অন্য জড়ের ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া, জড়ের রূপান্তর, জড়ের ব্যবহার প্রভৃতি আলোচিত হয় তাহাকে **রসায়ন** বলে। তাপ, আলো, বিদ্যুৎ প্রভৃতি শক্তি সম্পর্কে আলোচনা হয় **পদার্থ** শাস্ত্রে (physics)। জলের গঠন, জলের সহিত অন্য পদার্থের ক্রিয়া, জলের ধর্ম প্রভৃতি বিষয় রসায়ন-শাস্ত্রে আলোচিত হয়; কিন্তু জলীয় বাষ্প হইতে কি প্রকারে বৃষ্টি, শিশির, মেঘ, কুয়াশা সৃষ্ট হয় তাহা পদার্থ-শাস্ত্রে আলোচিত হয়। লোহার নিষ্কাশন, লোহার গুণ, লোহার উপর অ্যাসিডের ক্রিয়া প্রভৃতি রসায়ন-শাস্ত্রে আলোচিত হয় কিন্তু চুম্বকের গুণ পদার্থশাস্ত্রে আলোচিত হয়। রসায়নবিদের কাছে চুম্বক ও লোহা একই বস্তু। খড়ি (chalk), চুনা-পাথর (limestone) রসায়নবিদের কাছে একই পদার্থ—ক্যালসিয়াম কারবনেট, কিন্তু ভূতত্ত্ববিদের (geologist) কাছে ইহারা ভিন্ন ভিন্ন পদার্থ, কারণ ইহারা প্রকৃতিতে বিভিন্ন উপায়ে উৎপন্ন হইয়াছে।

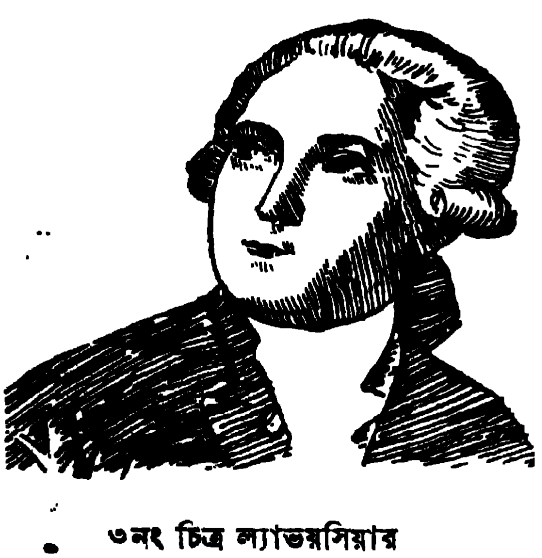
রসায়নকে তিনটি প্রধান ভাগে বিভক্ত করা যায়; যথা—(ক) **অজৈব রসায়ন** (Inorganic Chemistry) খনিজ জড় ও কারবন-হীন(carbonless) জড়ের বিষয় আলোচনা করে। খনিজ পদার্থ, যথা—লোহা, সোনা, রূপা, তামা, কয়লা এবং জল, বায়ু প্রভৃতির আলোচনা অজৈব রসায়নের অন্তর্ভুক্ত। (খ) **জৈব রসায়ন** (Organic Chemistry) উদ্ভিজ্জাত ও প্রাণিজাত পদার্থের আলোচনা করে। ইহারা প্রধানতঃ কারবন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন দ্বারা গঠিত। চিনি, কোহল, পেট্রোলিয়াম প্রভৃতির আলোচনা জৈব রসায়নের অন্তর্ভুক্ত। (গ) **ভৌত বা তত্ত্বীয় রসায়ন** (Physical Chemistry) রাসায়নিক ক্রিয়ার উপর শক্তির প্রভাব সম্বন্ধে আলোচনা করে। গত এক শতাব্দী হইতে রসায়ন-শাস্ত্রের এত ব্যাপক উন্নতি হইয়াছে যে, ইহাকে নূতন নূতন শাখায় বিভক্ত করিতে হইতেছে; যথা—ব্যবহারিক রসায়ন (applied chemistry), কৃষি রসায়ন (agricultural chemistry), ভেষজ রসায়ন (pharmaceutical chemistry) ইত্যাদি।

৫। **রসায়ন-চর্চার ইতিহাস** (History of Chemistry): রসায়ন শাস্ত্রের জন্মকথা এক বিস্ময়কর কাহিনী। প্রাচীন ভারতে যে রসায়ন-শাস্ত্রের বিশেষ অনুশীলন হইয়াছিল এবং সোনা, রূপা, টিন, দস্তা, লোহা সীসা প্রভৃতি ধাতুর নানা-প্রকার ব্যবহার প্রচলিত ছিল তাহার প্রচুর নিদর্শন

পাওয়া যায়। মহেন্‌-জো-দারোয় ও হরাপ্পায় প্রাপ্ত ধাতবপাত্র, তামার মূর্তি ও অস্ত্রশস্ত্র প্রমাণ করে যে, প্রায় ৪০০০ খ্রীঃ পূঃ অব্দে ভারতে ধাতুর নিষ্কাশন-পদ্ধতি জানা ছিল। সুদূর অতীতে নির্মিত দিল্লীর লৌহস্তম্ভে আজিও কোন মরিচা পড়ে নাই। আয়ুর্বেদ শাস্ত্রে নানাপ্রকার গাছ-গাছড়া ও ধাতু হইতে ঔষধ প্রস্তুত-প্রণালী বর্ণিত আছে। গাছ-গাছড়া হইতে তৈল, সুগন্ধি, রসসার, ক্ষার, রঙ প্রভৃতির প্রস্তুত-বিদ্যা প্রাচীন ভারতবাসীরা জানিত। খ্রীষ্টের জন্মের বহু পূর্বে হিন্দু দার্শনিক **কণাদ** জড়ের গঠন সম্পর্কে পরমাণুবাদ (Atomic theory) প্রচার করেন। প্রাচীন হিন্দু রসায়নবিদ্‌গণের মধ্যে নাগার্জুন, চরক, সুশ্রুত প্রভৃতির নাম উল্লেখযোগ্য। খ্রীষ্টের জন্মের কয়েক শতাব্দী পরে ভারতে অমৃতরস (elixir of life) প্রস্তুত করিবার জন্য **তান্ত্রিক** নামক এক শ্রেণীর রাসায়নিকের উদ্ভব হয়। ইহারা বহু গ্রন্থ রচনা করেন, যথা—রসরত্নাকর, রসযোগ, রসচূড়ামণি।


১নং চিত্র—অতীত যুগের জোড় লাগান তামার পাত্র


২নং চিত্র—মাটির বদ্ধ পাত্রে প্রাচীন ভারতীয় পাতন প্রণালী


৩নং চিত্র ল্যাভয়সিয়ার

হিন্দু সভ্যতার সংস্পর্শে রসায়ন আরবে, স্পেনে ও গ্রীসে প্রবেশ লাভ করে। চীন দেশে ও মিশরে কিছুর সায়ন চর্চা হয়। মিশরীয়গণ কাচ ও সাবান প্রস্তুত করিতে জানিতেন। মিশরের আর একটি নাম **কিমিয়া**। 'কিমিয়া' শব্দের অর্থ—কালমাটি। মিশরীরা কাল-মাটির পাত্র, মূর্তি এবং লতা-পাতা হইতে ঔষধ, সুগন্ধি তৈয়ার করিতে জানিত। আলেকজান্দ্রিয়া

তখন শ্রেষ্ঠ বিদ্যাকেন্দ্র ছিল। এই 'কিমিয়া' শব্দ হইতে রসায়নের ইংরাজী নাম Chemistry উদ্ভূত হইয়াছে।

মিশর হইতে আরবগণ ও ইউরোপীয়গণ অনেক রাসায়নিক পদ্ধতির বিষয়ে শিক্ষালাভ করেন। আরবে রসায়নের নাম হয় **অ্যালকেমি** (Alchemy)। ইহারা মনে করিতেন যে, এমন এক পরশ পাথর আছে যাহার সাহায্যে নিকৃষ্ট ধাতুকে সোনায় পরিণত করা যায়। এমন এক অমৃত আছে যাহা পান করিয়া মানুষ অমর হইতে পারে। এই দুইটি দ্রব্য আবিষ্কারের জন্য ইহারা বহু চেষ্টা করেন। অ্যালকেমিবিদরা নানাপ্রকার অ্যাসিড, ক্ষার, রাসায়নিক দ্রব্য এবং বিভিন্ন প্রকারের যন্ত্রপাতি, রাসায়নিক পদ্ধতি আবিষ্কার করেন, যথা—পাতন ক্রিয়া, ভস্মীকরণ।

৪নং চিত্র—অ্যালকেমিবিদের পাতন প্রণালী

পঞ্চদশ শতকের প্রথমে ইউরোপে রসায়ন-শাস্ত্র চিকিৎসা-বিদ্যায় প্রয়োগ করা হয়। ইহাকে **আয়ট্রো** (Iatro) রসায়ন বলে।

সপ্তদশ খ্রীষ্টাব্দে রসায়ন শাস্ত্রের অনুশীলনে আইরিশ বিজ্ঞানী রবার্ট বয়েল (Robert Boyle) রসায়নকে অনুমান ও জাদুবিদ্যার পর্যায় হইতে মুক্ত করিয়া ইহার চর্চায় বিজ্ঞান-সম্মত পদ্ধতি প্রবর্তন করেন। তৎপরে ফ্রান্সে **ল্যাভয়সিয়ার** (Lavoisier), ইংলণ্ডে **ক্যাভেনডিশ** (Cavendish) ও উত্তর আমেরিকায় **প্রিস্টলে** (Priestley) আধুনিক রসায়ন-শাস্ত্রের ভিত্তি স্থাপন করেন। ইহাদের মধ্যে ল্যাভয়সিয়ারকে অক্সিজেন ও অনেক তথ্য আবিষ্কারের জন্য আধুনিক রসায়নের জনক বলা হয়। ভারতে আধুনিক রসায়ন চর্চার পথ প্রদর্শক আচার্য **প্রফুল্ল চন্দ্র রায়**।

৫নং চিত্র—রবার্ট বয়েল

৬। **আধুনিক জীবনে রসায়নের ভূমিকা** (**Role of Chemistry in modern life**) **:** প্রাচীনকালের লোকেরা রাসায়নিক দ্রব্যের মধ্যে কাচ, কাগজ, মাটির ও ধাতব পাত্র ও মূর্তি, লতাপাতা হইতে প্রস্তুত কয়েকটি ঔষধ, রঙ্ প্রভৃতি সামান্য কয়েকটি দ্রব্যের ব্যবহার জানিত কিন্তু মাত্র গত দুই শতাব্দী যাবৎ রসায়ন-চর্চা এত উন্নতিলাভ করিয়াছে যে, আমাদের দৈনন্দিন জীবনের সুখ-স্বাচ্ছন্দ্যের সহিত এই সকল গবেষণার ফল ওতপ্রোতভাবে *মিশিয়া আছে। শুধু তাই নয়, বিজ্ঞানের অল্প শাখাই আছে যাহা রসায়নের সাহায্য ব্যতীত পরিপূর্ণ হওয়া সম্ভব হইয়াছে।*

নিম্নে রসায়নের প্রয়োগের কিছু বিবরণ দেওয়া গেল :—

(i) **স্বাস্থ্যোন্নতিতে রসায়নের প্রয়োগ :**—স্বাস্থ্যই মানুষের প্রধান সম্পদ। সুস্থ ও নীরোগ দেহে মানুষ বাঁচিতে চায়। এই বিষয়ে রসায়ন আমাদের অনেক সাহায্য করিয়াছে। গত মহাযুদ্ধের সময় ছত্রাক (fungus) হইতে আকস্মিকভাবে সর্বব্যাধিহর পেনিসিলিন (penicillin) ঔষধ আবিষ্কৃত হয়। কৃত্রিম উপায়ে সাল্ফা-জাতীয় ঔষধ (sulpha drug) প্রস্তুত হইতেছে। জীবাণু-ঘটিত রোগে এই সকল ঔষধ অপূর্ব ফলদান করে। ভারতীয় বৈজ্ঞানিক ডাঃ ব্রহ্মচারী কর্তৃক আবিষ্কৃত ইউরিয়া স্টিবামিন (urea stibamine) বহু লোককে কালাজ্বরের কবল হইতে রক্ষা করে। ইনসুলিন (insulin) বহুমূত্র রোগের, স্ট্রেপটোমাইসিন টাইফয়েড রোগের এবং কুইনিন ম্যালেরিয়া রোগের মহৌষধরূপে আবিষ্কৃত হইয়াছে। ডি. ডি. টি. নামক ঔষধ ম্যালেরিয়ার রোগজীবাণু ধ্বংস করিয়া বহু দেশকে বিশেষতঃ পশ্চিমবাংলাকে ম্যালেরিয়ার প্রকোপ হইতে রক্ষা করিয়াছে। মাদাম কুরী কর্তৃক আবিষ্কৃত রেডিয়াম (radium) নামক তেজস্ক্রিয় (radioactive) পদার্থ ক্যান্সার প্রভৃতি দুরারোগ্য ব্যাধি নিরাময় করিতেছে। কৃত্রিম উপায়েও তেজস্ক্রিয় পদার্থ প্রস্তুত হয়। আমরা যে ক্ষতস্থানে টিনচার আয়োডিন (tincture iodine), আয়োডোফর্ম (iodoform), ডেটল ব্যবহার করি তাহারা রসায়নের গবেষণার ফল। রসায়নাগারে বিভিন্ন সংক্রামক রোগ-প্রতিষেধক টিকা সিরাম প্রস্তুত হইতেছে। পূর্বে অস্ত্রোপচারের সময় রোগীকে ভীষণ যন্ত্রণা ভোগ করিতে হইত। পরে ক্লোরোফরম (chloroform), কোকেন (cocaine), নভোকেন (novocaine) প্রভৃতি অবেদনিক (anaesthetic) ব্যবহারে রোগী অস্ত্রোপচারের কথা জানিতেই পারে না।

পানীয় জলের বিশুদ্ধীকরণের জন্য ফট্‌কিরি (alum), চুন, ওজোন (ozone), পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট, ক্লোরিন প্রভৃতি রাসায়নিক দ্রব্য ব্যবহৃত হয়। নালা, নর্দমা জীবাণুশূন্য করিবার জন্য ব্লিচিং পাউডার ও ফিনাইল ব্যবহৃত হয়। এই সব পদার্থ রসায়নাগারেই উৎপন্ন হয়।

(ii) **খাদ্যদ্রব্য প্রস্তুতে রসায়নের প্রয়োগঃ** পৃথিবীর ক্রমবর্ধমান জনসংখ্যার জন্য খাদ্য সংগ্রহ করা এক প্রধান সমস্যা হইয়াছে ; কিন্তু রাসায়নিক গবেষণার ফলে কৃষি-বিজ্ঞানের প্রভূত উন্নতি সাধিত হইয়াছে। উদ্ভিদের নাইট্রোজেন, ফসফেট প্রভৃতি আত্মকরণের পদ্ধতি আবিষ্কৃত হওয়ায় কৃত্রিম সার প্রয়োগের প্রবর্তন হইয়াছে। কৃত্রিম সার প্রস্তুত করিয়া, উত্তম বীজ সংরক্ষণ করিয়া খাদ্যশস্যের উৎপাদনের পরিমাণ বৃদ্ধি করা হইয়াছে। ভারতে অ্যামোনিয়াম সালফেট, সুপার ফসফেট, ট্রিপল ফস্‌ফেট প্রভৃতি কৃত্রিম সার সিন্দ্রিতে প্রস্তুত হইতেছে। এক দেশের ফসল বৈজ্ঞানিক উপায়ে অন্য দেশে চাষ হইতেছে। অনেক কীট প্রচুর শস্য নষ্ট করে। ইহাদিগকে ধ্বংস করিবার জন্য ডি. ডি. টি. ও গ্যামেক্সেন (gammexane) ব্যবহৃত হয়। ছত্রাকের আক্রমণ হইতে শস্যকে রক্ষা করিবার জন্য তুঁতে ব্যবহার করা হয়। শস্যভুক ইন্দুর মারিবার জন্য সোডিয়াম ফস্‌ফাইড (sodium phosphide) প্রভৃতি ঔষধ ব্যবহৃত হয়।

কৃত্রিম উপায়ে অনেক খাদ্যদ্রব্য, যথা—ভাইটামিন (vitamins) জাতীয় খাদ্য এবং রোগীর পথ্যের জন্য হরলিকস্‌, ওভালটিন, নেস্টো মণ্ট প্রভৃতি খাদ্য কারখানাতে প্রস্তুত হয়।

কোন কোন খাদ্যে কি কি উপাদান (যথা, কার্বোহাইড্রেট, শ্বেতসার, প্রোটিন, স্নেহজ পদার্থ, ভাইটামিন) আছে তাহা গবেষণায় জানা গিয়াছে। ইহাতে খাদ্যের সুষম (balanced) পরিমাণ নির্ধারিত হইয়াছে।

খাদ্য সংরক্ষণেও রাসায়নিক প্রক্রিয়ার প্রয়োগ হয়। রাসায়নিক মশলা সংযোগে মাছ, মাংস, সব্‌জি প্রভৃতি টিনে ভর্তি করা হয় এবং ফলকে জ্যাম্‌ (jam) ও জেলি (jelly)-তে পরিণত করা হয়। দুধকে শুষ্ক করিয়া গুঁড়া দুধে ও ঘন দুধে পরিণত করা হয়। এক দেশের খাদ্য ও ফলমূল বৈজ্ঞানিক উপায়ে সংরক্ষিত করিয়া অন্য দেশে পাঠানো হয়। এক বৎসরের প্রয়োজনাতিরিক্ত খাদ্য ও ফলমূল অন্য বৎসরের জন্য কিংবা এক ঋতুর ফলমূল অন্য ঋতুর জন্য সংরক্ষিত করা হয়।

(iii) মানবের স্বাচ্ছন্দ্য, সুবিধা ও সুখ-বৃদ্ধিতে রসায়নের প্রয়োগ : মানবের সুখস্বাচ্ছন্দ্যের জন্য রসায়নের অবদানের কথা বলিয়া শেষ করা যায় না। গত দুই শতাব্দীতে রসায়নবিদ প্রকৃতির ভাণ্ডার হইতে অন্ততঃ চার লক্ষ দ্রব্যের সন্ধান পাইয়াছে। আবার ইঁহারা পরীক্ষাগারে কৃত্রিম উপায়ে বহু দ্রব্য প্রস্তুত করিয়াছে। এক কালো দুর্গন্ধযুক্ত বিশ্রী আল্‌কাতরা হইতে যে কত রকমের মূল্যবান ঔষধ, সুন্দর সুন্দর রং, সুগন্ধি পাওয়া যায় তাহা শুনিয়া বিস্মিত হইতে হয়। আমরা নানা দ্রব্যে কাচ ব্যবহার করি, যথা—চশমা, অণুবীক্ষণ, দূরবীক্ষণ, রঙীন কাচ, গ্লাস, জার, বিউরেট, বীকার। এই সকল দ্রব্য প্রস্তুতে বিভিন্ন গুণসম্পন্ন কাচ ব্যবহৃত হয়। বালি ও সোডা হইতে এই সকল কাচ প্রস্তুত হয়। এনামেলের যে বাসন আমরা ব্যবহার করি তাহারও উপাদান বালি ও সোডা। কাঠ, বাঁশ ও ঘাস হইতে রাসায়নিক প্রক্রিয়া দ্বারা কাগজ, সেলুলয়েড, কৃত্রিম চামড়া, কৃত্রিম তূলা, কৃত্রিম রেশম প্রস্তুত হয়। ইহারা বর্তমান সভ্যতার মোটা রকমের চাহিদা মিটায়। নীল, কর্পূর, কুইনাইন প্রভৃতি দ্রব্য রসায়নাগারে প্রস্তুত হয়। ঘর-বাড়ী তৈয়ারীর জন্য নানা প্রকার সিমেণ্ট ও কনক্রিট আবিষ্কৃত হইয়াছে। ‘সেলোফেন’ নামক কৃত্রিম কাগজ জলে ভিজে না। এই কাগজ দিয়া শৌখিন ফুল প্রস্তুত হয়। জিনিসপত্র, যথা—কাপড়, গেঞ্জি, ‘সেলোফেন’ কাগজের মোড়কে প্যাক করা হয়। তূলাকে রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় কৃত্রিম রেশমে পরিণত করা যায়। ‘নাইলন’ (nylon) নামক কৃত্রিম রেশম স্বাভাবিক রেশমের ন্যায় উৎকৃষ্ট। সেলুলয়েড দ্বারা নানা রকমের প্রসাধন-দ্রব্য, গ্রামোফোন রেকর্ড, সিনেমার ফিল্‌ম প্রস্তুত হয়। অদাহ্য সেলুলয়েডও আবিষ্কৃত হইয়াছে।

পূর্বে বস্ত্র রং করিবার জন্য উদ্ভিদ্‌জাত রঞ্জক (dye) ব্যবহৃত হইত। এখন রাসায়নিক কারখানায় কৃত্রিম রঞ্জক প্রস্তুত হইতেছে। ইহাদের বর্ণ-বৈচিত্র্য অপূর্ব।

আজকাল নানা রকমের প্লাস্টিকের দ্রব্য ব্যবহৃত হইতেছে। প্লাস্টিক একটি রাসায়নিক পদার্থ। ইহার বিশেষ গুণ এই যে—ইহা হাল্‌কা, ইহাকে যে কোন আকার দেওয়া যায়, ইহা জলে নষ্ট হয় না। আবার প্লাস্টিককে স্টীলের মত শক্ত করা যায়। এইরূপ প্লাস্টিক* বিমানে ও মোটর গাড়িতে ব্যবহৃত হয়।

খনিজ পেট্রোলিয়াম রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় শোধন করিয়া পেট্রোল,

কেরোসিন, ডিজেল (Diesel), ন্যাপথালিন, মোম, চাকা-ঘুরাইবার তৈল ইত্যাদি প্রস্তুত হয়। পূর্বে কাষ্ঠই একমাত্র জ্বালানি ছিল। তৎপরে কয়লা ও পেট্রোলিয়াম আবিষ্কৃত হইয়াছে। কয়লা হইতে উৎপন্ন আল্‌কাতরার উপকারিতার কথা পূর্বেই বলা হইয়াছে। পেট্রোল দ্বারা মোটর-গাড়ি, লরি ও এরোপ্লেন চালানো হয়। ডিজেল তৈলে বড় বড় এঞ্জিন চলে। এই সকল যানবাহন দ্বারা অতি অল্প সময়ে আরামে বহুদূরে যাতায়াত করা যায়। কেরোসিন জ্বালানিরূপে ব্যবহৃত হয়। আবার কৃত্রিম উপায়ে কয়লা হইতে পেট্রোল এবং পেট্রোল হইতে রবার তৈয়ারী হয়। বৈজ্ঞানিক পরমাণুর বিভাজনের দ্বারা যে শক্তি আবিষ্কার করিয়াছেন তাহা মানবের অশেষ কল্যাণকর কার্যে নিয়োজিত হইতেছে। পারমাণবিক শক্তি বিজ্ঞানের যুগান্তকারী আবিষ্কার।

কারবন ডাই-অক্সাইড গ্যাস দ্বারা অগ্নি নির্বাপিত হয়। তরল ও কঠিন কারবন ডাই-অক্সাইড দ্বারা শৈত্য উৎপাদন করা হয়। ইহারা মাংস মাছ প্রভৃতি পচনশীল দ্রব্যের সংরক্ষণে ব্যবহৃত হয়। নিরাপদে অগ্নিসৃষ্টির জন্য দিয়াশলাইয়ের আবিষ্কার হইয়াছে। দিয়াশলাই প্রস্তুতে ফস্‌ফরাস, পটাসিয়াম ক্লোরেট প্রভৃতি রাসায়নিক দ্রব্য ব্যবহৃত হয়। হিলিয়াম গ্যাস আবিষ্কৃত হওয়ার পর হইতে ইহা বেলুনে ও বিমানে ব্যবহৃত হয়, কারণ ইহা বায়ুর চেয়ে হাল্‌কা ও অদাহ্য।

প্রাচীন যুগে সোনা, টিন, লোহা, দস্তা, সীসা ও পারদ প্রভৃতি সামান্য কয়েকটি ধাতুর ব্যবহার জানা ছিল। এখন নিকেল, কোবাল্ট, এ্যালুমিনিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম প্রভৃতি বহু ধাতু আবিষ্কৃত হইয়াছে। ধাতব আকরিক হইতে ধাতু নিষ্কাশন করা, ধাতু শোধন করা প্রভৃতি রাসায়নিকের কাজ। লৌহের সহিত নানা ধাতু মিশাইয়া খুব শক্ত ইস্পাত প্রস্তুত হয়। ইস্পাত ও লৌহ ছাড়া কোন যন্ত্রপাতি প্রস্তুত হয় না। অস্ত্রশস্ত্র প্রস্তুত করিতে উত্তম ইস্পাতের দরকার। বিমান, রেলগাড়ি, মোটর গাড়ি, জাহাজ প্রভৃতির দেহ প্রস্তুত করিতে বিভিন্ন ধাতু ও সংকর ধাতুর (alloy) প্রয়োজন হয়। এই কাজে ইস্পাত ও অ্যালুমিনিয়ামের সংকর ধাতু ব্যবহৃত হয়। অ্যালুমিনিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম হইতে প্রস্তুত ম্যাগনেলিয়াম নামক সংকর ধাতু বিমান ও মোটরের যন্ত্রপাতি প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়। লৌহের সহিত নিকেল ও ক্রোমিয়াম মিশাইয়া মরিচাহীন (stainless) ইস্পাত প্রস্তুত হয়। ইহা দিয়া ঘড়ি,

ডাক্তারির যন্ত্রপাতি প্রস্তুত হয়। এই সকল আবিষ্কার রসায়ন-শাস্ত্রে গবেষণার দ্বারা সম্ভব হইয়াছে।

(iv) **শিল্পের কার্যকারিতা-বৃদ্ধিতে রসায়নের প্রয়োগঃ** রাসায়নিক গবেষণা দ্বারা বহু শিল্প-প্রতিষ্ঠানের কার্যকারিতা বৃদ্ধি পাইয়াছে। গবেষণাগারে নব নব আবিষ্কারের ফলে শিল্প-জগতে নব নব যুগের সূচনা হয়। মাত্র ষাট বৎসর হইল বায়ুতে নিয়ন, হিলিয়াম, ক্রিপটন প্রভৃতি গ্যাসের অস্তিত্ব জানা গিয়াছে। স্বল্পপরিমাণ এই সকল গ্যাস দ্বারা কাচের নল ভর্তি করিয়া নলের ভিতর বিদ্যুৎ প্রেরণ করিলে সাধারণ বৈদ্যুতিক আলোর পরিবর্তে নানা বর্ণের অত্যুজ্জ্বল আলো উৎপন্ন হয়। নিয়ন লাল আলো, আর্গন ঈষৎ বেগুনী আলো, হিলিয়াম দুধের মত সাদা আলো দেয়। আজকাল দোকানে বা জনাকীর্ণ স্থানে বা বড় রেলওয়ে স্টেশনে, রাস্তার বড় মোড়ে এই সকল আলোর ব্যবহার দেখা যায়। বায়ুর পরিবর্তে নলে অল্প পরিমাণ পারদের বাষ্প ব্যবহার করিলে নীলাভ আলো উৎপন্ন হয়। অনুঘটনের (catalysis) আবিষ্কারের ফলে বহু শিল্পের উন্নতি হইয়াছে। পারমাণবিক শক্তিকে শিল্পে প্রয়োগের চেষ্টা হইতেছে। নূতন মিশ্র ধাতু আবিষ্কারের ফলে যন্ত্রপাতির অভাবনীয় উন্নতি হইয়াছে।

এইরূপে দেখা যায় যে, রসায়ন মানবসমাজের অশেষ কল্যাণ সাধন করিয়াছে। অবশ্য রসায়নবিদ্‌গণ অনেক বিষাক্ত গ্যাস, বিস্ফোরক, মানব-ধ্বংসকারী অনেক দ্রব্য আবিষ্কার করিয়াছেন। প্রত্যেক দেশের রাজনীতিবিদ্‌গণ এই সকল দ্রব্যের অপপ্রয়োগ করিয়া থাকেন, কিন্তু বৈজ্ঞানিক নিছক সত্যানুসন্ধানের জন্য এবং মানবসমাজের কল্যাণসাধনের জন্য এই সকল দ্রব্য আবিষ্কার করেন। তাঁহারা মানবজাতির ধ্বংসে এই সকল দ্রব্যের অপপ্রয়োগের কথা চিন্তাও করেন না।

৭। **মাপের একক:** সমস্ত বৈজ্ঞানিক মাপে **Metric system** (**মেট্রিক প্রণালী**) অবলম্বন করা হয়। এই প্রণালীতে নিম্নলিখিত রাশির বিভিন্ন একক ব্যবহৃত হয়। **দৈর্ঘ্যের একক** = 1 সেন্টিমিটার (cm) =

মেট্রিক প্রণালীতে ডেসি (deci = $\frac{1}{10}$), সেণ্টি (centi = $\frac{1}{100}$), মিলি (milli = $\frac{1}{1000}$), ডেকা (deca = 10), হেক্টো (hecto = 100), কিলো (kilo = 1000) শব্দ ব্যবহৃত হয় : মিটার, গ্রাম ও লিটারের পূর্বে উপরোক্ত কথাগুলি বসাইলে তত গুণ একক বুঝাইবে। যথা— সেণ্টিমিটার = $\frac{1}{100}$ মিটার, সেণ্টিগ্রাম = $\frac{1}{100}$ গ্রাম।

$\frac{1}{100}$ মিটার। **ভরের** (Mass) **একক**=1 গ্রাম (gramme or gm.) =$\frac{1}{1000}$ কিলোগ্রাম=4°C উষ্ণতায় 1·000027 (প্রায় 1) ঘন সেণ্টিমিটার জলের ভর। **বর্গফলের** (square বা area) **একক**=1 বর্গ সেণ্টিমিটার (sq. cm.)=1 সেণ্টিমিটার তলবিশিষ্ট ক্ষেত্রের ক্ষেত্রফল। **আয়তনের** (volume) **একক**=1 ঘন সেণ্টিমিটার (c. c.)=এক সেণ্টিমিটার তলবিশিষ্ট ঘনকের আয়তন; এক লিটার=4°C উষ্ণতায় এক কিলোগ্রাম বিশুদ্ধ জলের আয়তন=1000·027 ঘন সেঃ মিঃ। **সময়ের একক**=1 সেকেণ্ড=গড় সৌরদিনের 86400 ভাগ। মেট্রিক প্রণালীতে দৈর্ঘ্য, ভর ও সময়ের একক যথাক্রমে সেণ্টিমিটার, গ্রাম ও সেকেণ্ড। সেইজন্য এই প্রণালীকে C. G. S. (Centimetre, gramme, second) প্রণালীও বলে। ইংরাজী প্রণালীতে এই এককগুলি যথাক্রমে ফুট, পাউণ্ড ও সেকেণ্ড। সেইজন্য এই প্রণালীকে F. P. S. (Foot, pound, second) প্রণালী বলে।

উষ্ণতার (temperature) **মাপঃ** উষ্ণতা মাপিবার জন্য তিনটি স্কেল আছে, যথা—Centigrade, Fahrenheit ও Reaumer. বৈজ্ঞানিক কার্যে Centigrade স্কেল ব্যবহৃত হয়। এই স্কেলে হিমাঙ্ক (freezing point)=0° ও স্ফুটনাঙ্ক (boiling point)=100°। প্রমাণ উষ্ণতা =0°C। তিনটি স্কেলের সম্বন্ধঃ $\frac{C}{5}=\frac{R}{4}=\frac{F-32}{9}$।

চাপের এককঃ সাধারণ চাপ (Normal Pressure)=সমুদ্রতলে 45° অক্ষাংশে 4°C উষ্ণতায় 76 সেঃ মিঃ দীর্ঘ পারদস্তম্ভের ওজন=প্রতিবর্গ সেণ্টিমিটারে 1×10^6 ডাইন=$7\frac{1}{2}$ সের এক বর্গ ইঞ্চিতে।

৮। **এককের সম্বন্ধঃ** 1 মিটার=39·37 ইঞ্চি=10 ডেসিমিটার =100 সেণ্টিমিটার; 1 গ্রাম=15·43 গ্রেন=·032 আউন্স (Oz. troy) 1 কিলোগ্রাম=2·2 পাউণ্ড=85·7 তোলা; 1 লিটার=1·76 পাইট (pint); 4·54 লিটার=1 গ্যালন; 1 ঘন সেণ্টিমিটার (c. c.)=0·033 আউন্স=0·27 ড্রাম।

[শিক্ষণ নির্দেশ: বিত্যালয়ে ও গৃহে যতগুলি রাসায়নিক দ্রব্য পাওয়া যায় তাহা ছাত্রগণ সংগ্রহ করিবে, যথা—কাগজ, প্লাষ্টিক দ্রব্য, কাচ দ্রব্য. সাবান, কালি, সোডা, পেন্সিল, রং, সুগন্ধি দ্রব্য। ছাত্রগণকে যে কোন একটি রাসায়নিক দ্রব্যের কারখানা, কয়লার বা গ্যাসের কারখানা বা লৌহের কারখানা দেখাইতে পারিলে ভাল হয়।]

—

1. What does Chemistry teach? How many main branches it has? রসায়ন কি শিক্ষা দেয়? ইহার প্রধান শাখাগুলি কি?

2. Give a short account of the benefits of Chemistry? What role does it play in modern life? রসায়নের উপকারিতা কি? আধুনিক জীবনে ইহা কি অংশ গ্রহণ করে?

3. What is C. G. S. System of measurement? C. G. S প্রণালীতে মাপ কি?

4. Give a short history of Chemistry, রসায়নের সংক্ষিপ্ত ইতিহাস লিখ।

5. Write an essay on "Chemistry is a blessing to humanity". "রসায়ন মানব জাতির আশীর্বাদস্বরূপ" এই বিষয়ে একটি প্রবন্ধ লিখ? (P. U. 1931)

6. How our knowledge of food, fuel, medicine, and metal has been improved by the study of chemistry? আমাদের খাদ্য, জ্বালানি, ঔষধ ও ধাতু সম্পর্কিত জ্ঞান কি প্রকারে রসায়নের চর্চার দ্বারা বৃদ্ধি হইয়াছে?

দ্বিতীয় অধ্যায়

[Course Content : Familiarity with (i) Vessels for holding and those for measuring liquids ; retort, Woulfe's bottle, evaporating dish, funnel, etc (ii) Burners : Heating and evaporating appliances.

সরল রাসায়নিক যন্ত্রপাতির সহিত পরিচয়

(Familiarity with simple chemical apparatus)

১। আমাদের রান্নাঘর একটি ক্ষুদ্র সংস্করণের রসায়নাগার বিশেষ। আমরা ভাত রাঁধিবার জন্য হাঁড়ি, ডাল তরকারী রাঁধিবার জন্য কড়াই, হাতা, ও খুন্তি, রুটি সেঁকিবার জন্য তাওয়া, জল রাখিবার জন্য ঘটি, বাটি ও কলসী, মশলা পিষিবার জন্য শিলনোড়া, আগুনের জন্য উনান বা স্টোভ, জল নিকাশের জন্য নর্দমা ব্যবহার করি। পরীক্ষা-কার্যের জন্য রসায়নাগারে এইরূপ নানা প্রকার যন্ত্রপাতি ব্যবহৃত হয়। এই সকল যন্ত্রপাতির কৌশল ও ব্যবহার সম্বন্ধে সম্যক জ্ঞান থাকা প্রয়োজন। নিম্নে কতকগুলি সাধারণ যন্ত্রপাতির বিবরণ দেওয়া হইল :—

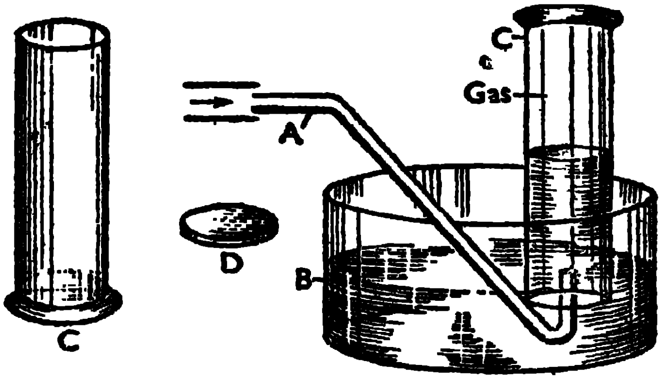
তরলের আধার (Vessels for holding liquids) ঃ এই আধারগুলির অধিকাংশ কাচ-নির্মিত।

(ক) **পরীক্ষা-নল** (Test tube) ঃ ইহা সাধারণতঃ ছয় ইঞ্চি দৈর্ঘ্য ও এক ইঞ্চি ব্যাসবিশিষ্ট পাতলা কাচের নল। নানা কার্যের জন্য পরীক্ষা-নল বড়ও হয়। অতি সাধারণ আধার হইলেও ইহা রসায়নাগারে একটি অপরিহার্য জিনিস। কোন বস্তু ইহাতে গরম করিতে হইলে ইহার মুখের কাছে একখণ্ড কাগজ চারভাঁজ করিয়া জড়াইয়া ধরিতে হয় কিংবা চিমটা (holder) দিয়া ইহা ধরিতে হয়। পরীক্ষানল কাঠের ধারকে (stand) থাপে থাপে রাখা হয়।

(খ) **বীকার** (Beaker) ঃ ইহা দেখিতে কতকটা গ্লাসের মত। তবে ইহা গ্লাসের চেয়ে মোটা। তরল ঢালিবার সুবিধার জন্য অনেক বীকারের মুখ কাটা (spout) থাকে।

(গ) **ফ্লাস্ক** (Flask) বা **কাচকুপী** ঃ ইহা কতকটা ঘটির মত, তবে

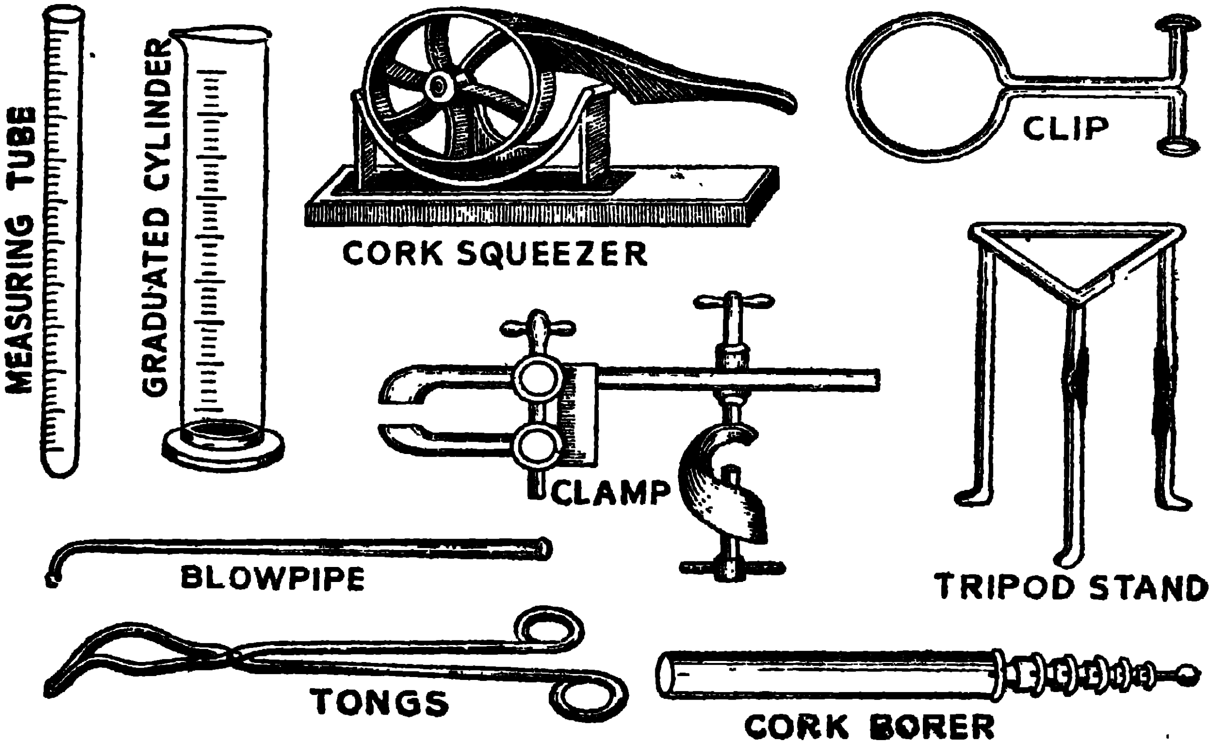
গ্যাস উৎপন্ন হয় সেই পাত্রের সঙ্গে একটি নির্গম-নল A (delivery tube) যুক্ত করিয়া নির্গমনলের শেষপ্রান্ত গ্যাস-জারের নীচে রাখা হয়। গ্যাস জলের চেয়ে হাল্‌কা বলিয়া জল অপসারিত করিয়া জারে জমে। যে সকল গ্যাস জলে অদ্রাব্য তাহাদিগকে কেবল এইরূপে জল-অপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা সম্ভব হয়। D ঢাকনা গ্যাস-জারের মুখে দেওয়া থাকে।



৮ নং চিত্র—গ্যাস-জার, দ্রোণী ও ঢাকনা—জলের অপসরণ দ্বারা গ্যাস-সংগ্রহ।

(ছ) **বাষ্পীভবন ডিশ** (Evaporating Dish): ইহা একটি পোর্সিলেনের চওড়া পাত্র। ইহাতে তরল শীঘ্র শীঘ্র বাষ্পীভূত হয়। ইহা তাপ সহ্য করিতে পারে।

যে ডিশে দ্রব (solution) ঘন করিয়া কঠিনকে কেলাসিত (crystallise) করা হয় তাহাকে **কেলাসন ডিশ** (crystallising dish) বলে।



৯নং চিত্র—সরল রাসায়নিক যন্ত্রপাতি

(জ) **ফানেল** (Funnel): ইহা তেল ঢালিবার কুপীর মত। ইহা সাধারণতঃ তরল ঢালিবার জন্য ও তরল ছাঁকিবার জন্য ব্যবহৃত হয়। **পৃথকীকরণ** (separating) **ফানেল** দ্বারা তরল যাহারা পরস্পর মিশে না

তাহাদিগকে পৃথক করা যায়। ইহারা আপেক্ষিক গুরুত্ব (specific gravity) অনুসারে উপর-নীচে দাঁড়াইয়া থাকে। জল ও তেল মিশ্রিত করিলে তেলের স্তর জলের স্তরের উপর ভাসে। এইবার ফানেলের নীচের কাচের ছিপি খুলিলে নীচের জল বাহির হইয়া যায় এবং ফানেলের ভিতর তেল থাকিয়া যায়। **থিসল-ফানেল** (thistle funnel) বা **দীর্ঘনল ফানেল** দিয়া কোন পাত্রে তরল ঢালা হয়।

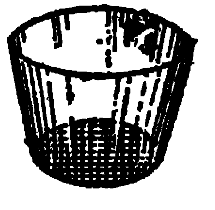
(ঝ) **খল** (Mortar) ও **নুড়ি** বা **মুষল** (Pestle) ঃ ইহাদের দ্বারা কয়েকটি দ্রব্যকে গুঁড়া করা যায় এবং ভালরূপে মিশ্রিত করা যায়। ইহারা পোর্সলেন বা এগেটের দ্বারা নির্মিত হয়। কবিরাজী ঔষধ খাইবার সময় আমরা পাথরের খল ও নুড়ি ব্যবহার করিয়া থাকি। ইহাতে ঔষধ গুঁড়া করিয়া অনুপানের সহিত মিশ্রিত করা হয়।

(ঞ) **মুষা বা মুচি** (Crucible) ঃ ইহাতে অল্প বিশুদ্ধ দ্রব্য ওজন করা যায় বা খুব উষ্ণ করা যায়। ইহা পোসিলেন দ্বারা নির্মিত। স্যাকরা সোনা গলাইবার সময় অনেক ক্ষেত্রে মুষা ব্যবহার করে।

(ট) **বেসিন** (Basin) ঃ ইহাতে কোন জিনিস গরম বা বাষ্পীভবন করা হয়। ইহা পোর্সিলেন দ্বারা নির্মিত। ইহা দেখিতে তেলের বাটির মত।

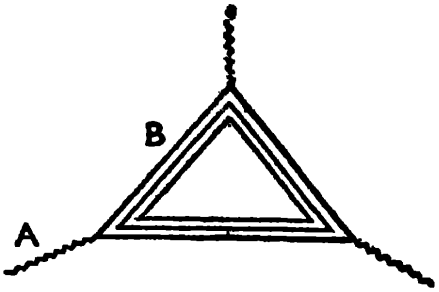
(ঠ) **খুন্তি** (Spatula) ঃ ইহা কোন দ্রব্য উঠাইতে বা মিশ্রিত করিতে ব্যবহৃত হয়। ইহা শিং বা নিকেলের দ্বারা প্রস্তুত হয়।

(ড) **ছাঁকনি** (Sieve) ঃ মোটা ছাঁকনি পদার্থ ছাঁকিবার জন্য ব্যবহৃত হয়।



১০নং চিত্র—ছাঁকনি

(ঢ) **চিমটা** (Tongs) ঃ ইহার সাহায্যে গরম মুষা উঠানো নামানো হয়। চিমটা পিতলের উপর নিকেলের আস্তরণ দিয়া প্রস্তুত হয়।

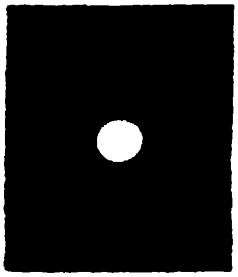


১১নং চিত্র—চীনা মাটির ত্রিভুজ ঃ A তারের উপর চীনামাটির নল B পরানো আছে।

(ণ) **চীনামাটির ত্রিভুজ** (Claypipe triangle) ঃ ইহাকে তেপায়ার উপর রাখিয়া মুষাকে গরম করিতে হয়। ত্রিভুজটি লোহার তারের তৈরি। তারের উপর চীনামাটির নল পরানো থাকে।

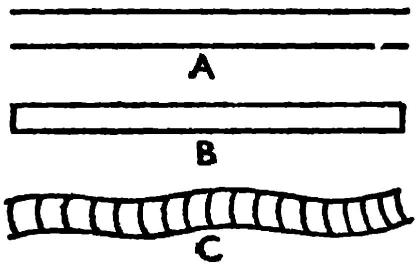
(ত) **কারবন-চাকতি** (Carbon block), **ফুৎনল** (blow pipe) ও

প্লাটিনাম তার ঃ কারবন-চাকতিতে সামান্য গর্ত করিয়া কোন পরীক্ষাধীন একটি বা একাধিক পদার্থ রাখিয়া ফুৎনলের সাহায্যে গ্যাস শিখাকে বাঁকাইয়া ইহার উপর অগ্নি সংযোগ করিলে পদার্থের মধ্যে রাসায়নিক ক্রিয়া ঘটে। ইহাদের নানা পরিবর্তন দেখিয়া কোন কোন মৌল সনাক্ত করা যায়। ইহাকে **শুষ্ক পরীক্ষা** (Dry Test) বলে। প্লাটিনাম তারের আগায় অতি সামান্য কোন কোন ধাতুর লবণ-জাতীয় পদার্থ লইয়া বুনসেন দীপশিখায় ধরিলে শিখা নানা বর্ণের হয়। শিখার বর্ণ দেখিয়া কোন্ ধাতুর লবণ তাহা চেনা যায়। ইহাকে **শিখা-পরীক্ষা** (Flame Test) বলে। সোডিয়ামের জন্য শিখা হলদে হয়।

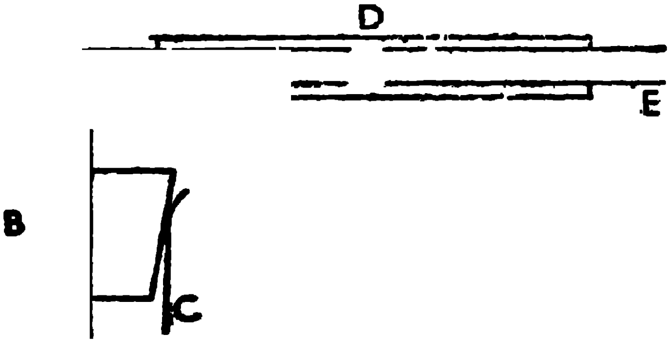


১২নং চিত্র—কারবন চাকতিতে গর্ত

(খ) **কাচ-নল, কাচদণ্ড, পিনচ্ ক্লিপ** (Pinch clip), **ছিপি** (Cork) ঃ কাচদণ্ড, কাচনল সামান্য বস্তু হইলেও ইহারা নানা কাজে ব্যবহৃত হয়। ধৌত-বোতল (wash bottle) ব্যবহার করিবার সময় কাচনল দরকার হয়। সময় সময় বাঁকানো কাচ-নলও দরকার হয়। কাচদণ্ড দ্বারা তরলকে নাড়া (stir) হয়। রবার নলের মুখে পিনচ্ ক্লিপ লাগাইলে নলের মুখ বন্ধ হইয়া যায়। সরু রবারের নল দিয়া যন্ত্রপাতি যুক্ত করা হয়। মনে কর, একটি ফ্লাস্ককে কোন যন্ত্রের সহিত যুক্ত করিতে হইবে। ফ্লাস্কের C মুখে আঁট হইয়া লাগে সেইরূপ একটি কাঠের বা রবারের ছিপি B বাছিয়া লও। কর্ক-ছেদক (cork-borer) দ্বারা কর্কে একটি সরু ছিদ্র কর। ছিদ্রের মধ্যে বাঁকানো সরু কাচনল ঘুরাইয়া ঘুরাইয়া পরাও। D রবার-নল দিয়া A নলের সহিত E কাচ-নলকে যুক্ত কর।



১৩নং চিত্র—A-কাচনল, B-কাচদণ্ড, C-রবার নল।



১৪নং চিত্র—রবার-নল D দ্বারা E ও A কাচনল যুক্ত হইয়াছে

(গ) **বেলজার** (Bell-jar) ঃ ইহা দ্বারা কোন জিনিস ঢাকা দেওয়া হয়। ইহা কাচ দ্বারা নির্মিত।

(ধ) **আংটার** (Ring) উপর গরম করিবার পাত্র বসানো হয়। আংটাকে একটি দণ্ডের গায়ে বন্ধনী (clamp) দিয়া লাগানো হয়। এই দণ্ডকে রিটর্ট স্ট্যাণ্ড বা ঠেকনা (retort stand) বলে।

(ন) **তেপায়ায় বা ত্রিপদী ঠেকনায়** (tripod stand) কোন জিনিস বসানো হয়। ইহা লোহার দ্বারা নির্মিত। ইহার তিনটি পা থাকে।

(প) তেপায়ার উপর তার-জালি (wire gauze) থাকে। তার-জালির উপর কোন পাত্র যথা, ফ্লাস্ক, বীকার রাখা হয়। তার-জালির নীচে গ্যাসের শিখা জ্বলে। শিখাটি জালিতে ঠেকিয়া চ্যাপ্টা হইয়া ছড়াইয়া পড়ে। ইহার ফলে পাত্রের তলদেশে সমানভাবে তাপ লাগে। অনেক সময় তারের গায়ে অ্যাসবেস্টস লেপন করা থাকে।

১০। **তরলের আয়তন মাপিবার যন্ত্র** (Apparatus for measuring liquids) :—

(ক) **অংশাঙ্কিত ফ্লাস্ক** (Graduated Flask) : এইরূপ ফ্লাস্কের গলায় একটি দাগ থাকে। বিভিন্ন ফ্লাস্কের দাগ পর্যন্ত 100, 250, 500, 1000 ঘ: সে: মি: তরল ধরে (১৬ নং চিত্র)।

(খ) **বিউরেট** (Burette) : ইহা সমপ্রস্থচ্ছেদবিশিষ্ট একমুখ-খোলা দীর্ঘ কাচনল। ইহার নীচের মুখ সরু। এই মুখে কাচের প্যাঁচকল (stop-cock) থাকে। অনেক বিউরেটের সরু মুখ রবারের নল দিয়া অন্য একটি সরু কাচনলের সহিত যুক্ত থাকে। রবারের নলকে টিপ-ছিপি (pinch-cock) দ্বারা খোলা বা বন্ধ করা যায়। ইহা সাধারণতঃ 0 হইতে 50 ঘন সেন্টিমিটার পর্যন্ত অংশাঙ্কিত থাকে; আবার এক ঘন সেন্টিমিটারের দশমিক ভাগ পর্যন্ত অংশাঙ্কিত থাকে। বিউরেটের শূন্য দাগ সকলের উপরে থাকে। এই পাত্র দ্বারা খুব কম আয়তনের তরল মাপা হয় এবং অন্য পাত্রে স্থানান্তরিত করা যায় (১৫নং চিত্র)।

(গ) **পিপেট** (Pipette) : ইহা দুইমুখ-খোলা নল ; ইহার মাঝখান মোটা, নীচের দিক সরু হইয়া গিয়াছে। ইহার উপর দিকে সরু অংশে একটা দাগ কাটা থাকে। বিভিন্ন পিপেটে নির্দিষ্ট দাগ পর্যন্ত 5, 10, 20 বা 25 ঘন সেন্টিমিটার আয়তনের তরল ধরে। এই পাত্র দ্বারা ঠিক নির্দিষ্ট আয়তনের তরল এক পাত্র হইতে অন্য পাত্রে স্থানান্তরিত করা যায়। অনেক পিপেটে

বিউরেটের ন্যায় অংশাঙ্কন করা থাকে। ইহাদিগকে অংশাঙ্কিত (graduated) পিপেট বলে।

(ঘ) **অংশাঙ্কিত চোঙ** (Graduated Cylinder) : ইহা একমুখ-খোলা ও একমুখ-বন্ধ কাচের মোটা নল। ইহা সোজাভাবে দাঁড়াইয়া থাকিতে পারে। ইহাও ঘন সেন্টিমিটারে অংশাঙ্কিত থাকে। ইহার শূন্য দাগ নীচের দিকে থাকে (১৬নং চিত্র)।

লক্ষ্য করিবে, এই সকল পাত্রে তরলের উপর-পৃষ্ঠ সমতল থাকে না। যে তরল, যথা জল, কাচকে আর্দ্র (wet) করে তাহার উপর-পৃষ্ঠ নিম্নগামী বা অবতল (Concave ১৫নং চিত্রে E) হয়। যে তরল যথা পারদ কাচকে আর্দ্র করে না তাহার উপর-পৃষ্ঠ ঊর্ধ্বগামী বা উত্তল (Convex ১৫নং চিত্রের F) হয়। অবতল পৃষ্ঠের সর্বনিম্ন বিন্দুর এবং উত্তল পৃষ্ঠের সর্বোচ্চ বিন্দুর পঠন লইতে হয়।

১১। আধার দ্বারা তরলের আয়তন মাপা (Measurement of volume of a liquid) :

(ক) **চোঙ দ্বারা** : চোঙ দ্বারা কোন নির্দিষ্ট পরিমাণের তরলের আয়তন কেবল মাপা যায় কিন্তু ইহা সম্পূর্ণরূপে স্থানান্তরিত করা যায় না, কারণ চোঙের গায়ে কিছুটা তরল লাগিয়া থাকে।

(খ) **বিউরেট দ্বারা পরীক্ষা** (E ও D)* :

প্রথমে বিউরেটকে পর পর কস্টিক সোডার দ্রবণ, পাতলা নাইট্রিক অ্যাসিড ও পাতিত (distilled) জল দ্বারা ধৌত করিয়া পরিষ্কার করিয়া লও। তারপর যে তরল মাপিতে হইবে সেই তরল দিয়া বিউরেট ধৌত করিয়া লও (rinse)। এইবার কাচের প্যাচকল ঘুরাইয়া বা টিপ-ছিপি লাগাইয়া বিউরেটের নীচের মুখ বন্ধ কর। বিউরেটকে একটি বন্ধনী (clamp) দ্বারা একটি দণ্ডের (stand-D) সহিত লম্বভাবে আটকাও। একটি ছোট ফানেলকে প্রথমে জল ও পরে পরীক্ষাধীন তরল দ্বারা ধৌত করিয়া বিউরেটের উপর-মুখে বসাও। পরীক্ষাধীন তরলকে ফানেলের মুখে এমনভাবে ঢাল যাহাতে তরলের পৃষ্ঠ শূন্য দাগের একটু উপরে থাকে। ফানেল সরাইয়া লও। এইবার বিউরেটের নীচের প্যাচকল একটু খুলিয়া দাও যাহাতে তরল ফোঁটা ফোঁটা পড়ে। তরলের বক্র তলের (meniscus) সর্বনিম্ন বিন্দু শূন্য দাগ বরাবর আসিলে

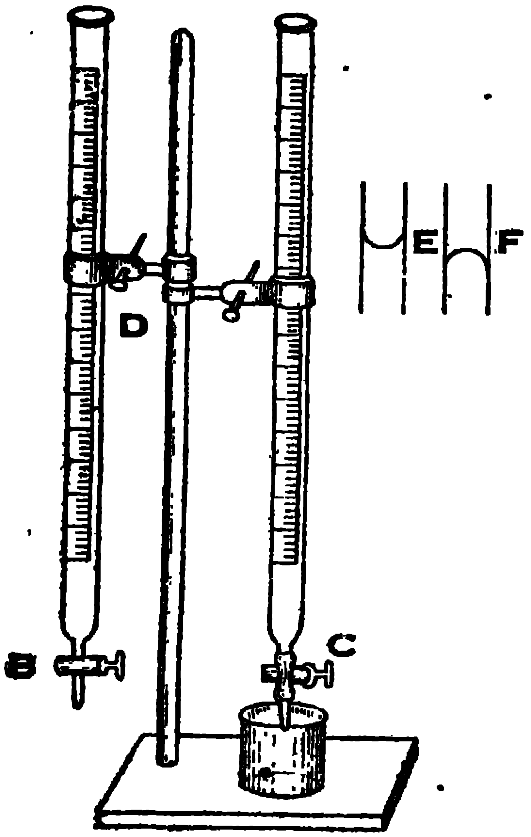
---

* যে সকল পরীক্ষা শিক্ষকগণ নিজে করিয়া ছাত্রদিগকে দেখাইবেন তাহা D চিহ্নিত করা হইয়াছে। যে সকল পরীক্ষা ছাত্রগণ নিজ হাতে করিবে তাহা E চিহ্নিত করা হইয়াছে।

প্যাঁচকল বন্ধ কর। এইবার যে পাত্রে তরল স্থানান্তরিত করিতে হইবে তাহাকে বিউরেটের নীচে রাখ।

এখন প্যাঁচকল একটু খুলিয়া দাও। ফোঁটা ফোঁটা তরল পাত্রে পড়ে। মনে কর, 20 ঘঃ সেঃ মিঃ তরল তোমার প্রয়োজন। যখন তরলের বক্রতলের সর্বনিম্ন বিন্দু 20 দাগ বরাবর আসে তখন ছিপি বন্ধ কর।

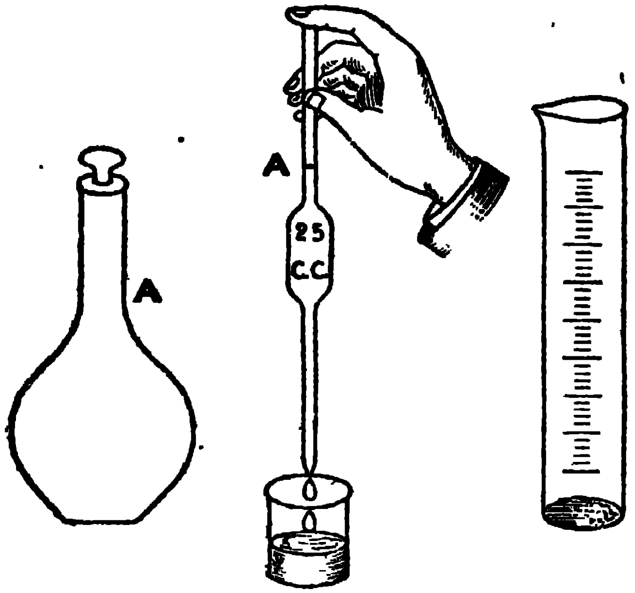
বিউরেট ব্যবহারের সতর্কতা ঃ (ক) বিউরেট বন্ধ করিলে একটুও তরল পড়িবে না। (খ) বিউরেট হইতে তরল ঢালিবার সময় তরল বাহিরের গা বহিয়া পড়িবে না। (গ) কাচের প্যাঁচকলের গায়ে একটু ভেস্‌লিন লাগাইবে যাহাতে ইহা সহজে ঘুরিতে পারে। (ঘ) নীচের সরু নলে কোন বায়ুর বুদ্‌বুদ্‌ থাকিবে না। (ঙ) পঠন লইবার সময় বিউরেটের অঙ্ক, চোখ ও তরলের তলের সর্বনিম্ন বিন্দু এক রেখায় থাকিবে।



১৫নং চিত্র—বিউরেট, E—অবতল পৃষ্ঠ, F—উত্তল পৃষ্ঠ

(গ) **পিপেট দ্বারা পরীক্ষা** (D ও E)ঃ প্রথমে পিপেটকে পর পর সাধারণ জল, পাতিত জল ও পরীক্ষাধীন তরল দ্বারা ধৌত করিয়া লও। পিপেটের সরু মুখ নির্দিষ্ট তরলে ডুবাও। পিপেটের খোলা মুখে নিজের মুখ রাখিয়া পিপেটের ভিতরের বায়ু এমনভাবে ধীরে ধীরে টানিয়া লও যাহাতে পিপেটের নির্দিষ্ট দাগের একটু উপর পর্যন্ত তরল উঠিয়া আসে। খোলা মুখে আঙুল দিয়া চাপিয়া পিপেটকে লম্বভাবে ধরিয়া পাত্র হইতে সরাও। পিপেটকে একটু তুলিয়া চোখের সামনে আন। আঙুলের চাপ একটু কমাইয়া অতিরিক্ত তরল ফোঁটা ফোঁটা ফেলিয়া দাও যাহাতে তরলের বক্র তলের সর্বনিম্ন বিন্দু দাগ বরাবর আসে। এখন আঙুল পুনরায় চাপিয়া একটি পাত্রে পিপেটের নিম্নমুখ রাখিয়া আঙুল সরাইয়া লও। পাত্রে সমস্ত তরল আপনা-আপনি চলিয়া যায়। পিপেটের গায়ে যে আয়তন লেখা থাকে সেই আয়তনের তরল পাত্রে যায়।

পিপেট ব্যবহারের সতর্কতা : (১) পিপেটের মোটা অংশ ধরিবে না বা সরু মুখ আঙুল দিয়া ধরিবে না। (২) মুখ দিয়া তরল টানিবার সময় পিপেটের নিম্ন মুখ সব সময়েই তরলের মধ্যে রাখিবে। (৩) তরল পাত্রে চলিয়া যাইবার পর সরু নলের মুখে একটু তরল আটকাইয়া থাকে। পিপেটে ফুঁ দিয়া ইহাকে সরাইবার চেষ্টা করিবে না।



১৬নং চিত্র—অংশাঙ্কিত ফ্লাস্ক, পিপেট ও অংশাঙ্কিত চোঙ

১২। ভরের মাপযন্ত্র (Apparatus for measuring mass) : একই স্থানে ভর ও ওজন সমানুপাতিক হয়। সুতরাং একই স্থানে দুইটি পদার্থের ওজন সমান হইলে ইহাদের ভর সমান হইবে। ওজন লইবার যন্ত্রকে **তুলাযন্ত্র** (Balance) বলে। সাধারণ তুলাযন্ত্রে মোটামুটি ওজন পাওয়া যায়। অতি সূক্ষ্ম ও শুদ্ধ ওজন লইবার জন্য **রাসায়নিক তুলাযন্ত্র** (Chemical balance) ব্যবহৃত হয়।

যন্ত্র : (১) **দাঁড়ি** (Beam) : ইহা একটি অংশাঙ্কিত (graduated) অনুভূমিক শক্ত ধাতব দণ্ড A। দাঁড়ির মধ্যবিন্দুতে অবস্থিত অ্যাগেট-নির্মিত একটি ক্ষুরধার (knife edge) আসনে (B) দাঁড়ি বসানো থাকে। আবার আসনটি একটি অ্যাগেট পাতের (C) উপর বসানো থাকে। দাঁড়ির মধ্যবিন্দু হইতে সমদূরত্বে অবস্থিত দুই প্রান্তে দুইটি অ্যাগেট ক্ষুরধারের উপর দুইটি V আকৃতির স্টিরাপ (stirrup) G ও H আছে। ঘর্ষণ কমাইবার জন্য অ্যাগেট ক্ষুরধারের ব্যবস্থা করা হয়। দণ্ডকে কয়েকটি সমান অংশে ভাগ করা হয়। সারটোরিয়াস (Sartorius) তুলাযন্ত্রে দণ্ডের মধ্যে 0 চিহ্ন থাকে এবং দুই দিকে 1, 2, 3…9, 10 চিহ্ন থাকে। আবার পর পর দুইটি চিহ্নের মধ্যবর্তী অংশ সমান পাঁচ ভাগে ভাগ করিয়া অন্য চিহ্ন দেওয়া থাকে।

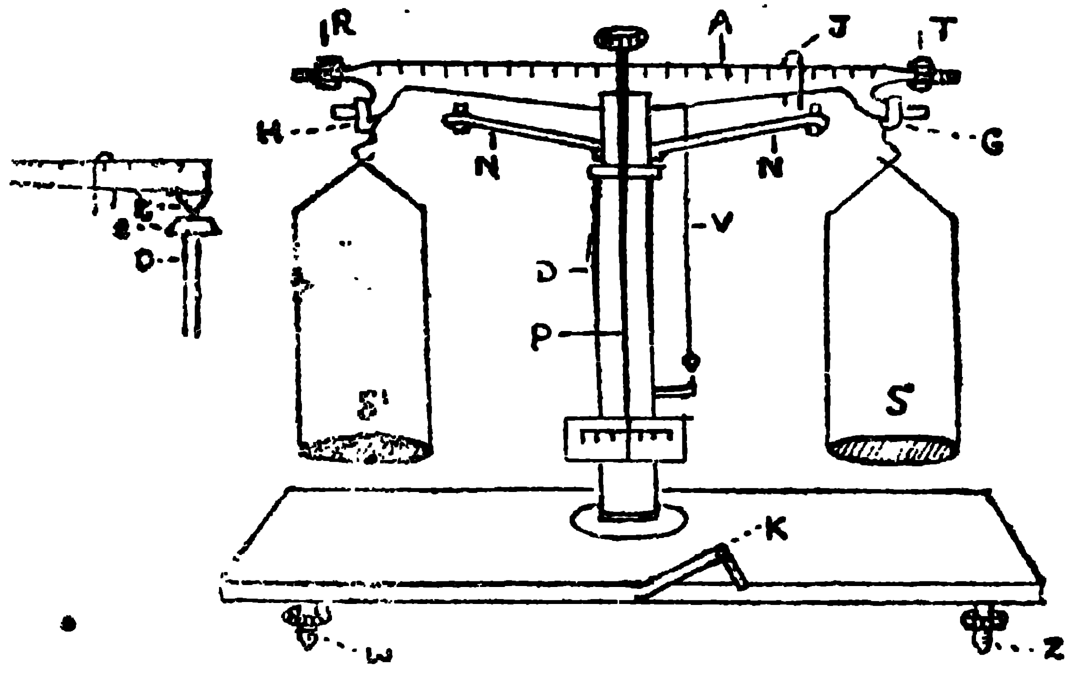
বুঙ্গে (Bunge) তুলাযন্ত্রে দণ্ডের বাম প্রান্তে 0 চিহ্ন থাকে। এই চিহ্ন

হইতে ডান দিকে 10টি বড় দাগ এবং প্রত্যেকটি বড় দাগের ভিতর সমান দশ ভাগের চিহ্ন এবং সর্বসমেত 100 সমান ভাগে দাগ কাটা থাকে।

(২) **পাল্লা** (Scale pan) ঃ দুইটি স্টিরাপ হইতে দুইটি সমান ওজনের পাল্লা SS' ঝুলানো থাকে।

(৩) **থাম** ঃ C পাতটি একটি লম্ব ধাতব ফাঁপা দণ্ডের (D-pillar) মাথায় বসানো থাকে। তুলার পাটাতনে (base board-L) সংযুক্ত হাতল (key-K) ঘুরাইয়া থাম নামানো বা উঠানো হয়।

(৪) **তুলা স্থির রাখিবার ব্যবস্থা** (Arresting arrangement) ঃ যখন তুলা ব্যবহৃত হয় না তখন হাতল ঘুরাইয়া লম্ব থামকে নীচু করিয়া রাখা হয়। ইহাতে দাঁড়িটি ক্ষুরধার আসনে না বসিয়া দুইটি অবলম্বনের (N) উপরে বসে। ইহাতে আসনে চাপ পড়ে না এবং ইহার ধার ভোঁতা হয় না।



১৭নং চিত্র—তুলাযন্ত্র

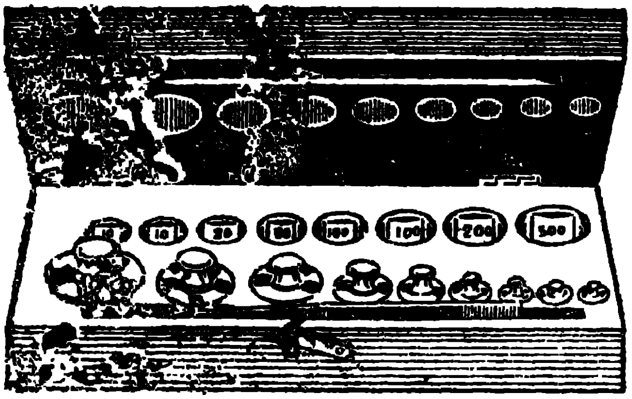
(৫) **নির্দেশক** (Pointer-P): ইহার উপর প্রান্ত দাঁড়ির মধ্যবিন্দুতে সমকোণে আঁটা থাকে এবং নিম্ন সরুপ্রান্ত একটি হাতির দাঁতের স্কেলের গায়ে এদিক-ওদিক ঘুরিতে পারে।

(৬) **স্ক্রু** (Screws R, T) ঃ দাঁড়ির দুই প্রান্তে দুইটি স্ক্রু থাকে। ইহাদিগকে সামান্য ঘুরাইয়া দাঁড়িকে অনুভূমিক করা হয়।

(৭) কাঠের পাটাতনের নীচের স্ক্রু (W, Z) ঘুরাইয়া থামকে ঠিক লম্ব

রাখা হয়। থামের পাশে সুতায় বাঁধা **ওলন্** (plumb line-V) থাকে। ওলনের সূচ্যগ্রভাগ (pivot) থামে যুক্ত সূচ্যগ্রভাগের ঠিক উপরে থাকিলে বুঝিতে হইবে থাম লম্বভাবে আছে।

(৮) **ওজনের বাক্স** (Weight box): বাক্সে খাপে খাপে (groove) বিভিন্ন বাটখারা বা ওজন সাজানো থাকে। বাটখারা তোলার জন্য চিম্টা (forceps) থাকে। গ্রাম ওজনগুলি পিতলের ও গ্রামের ভগ্নাংশ ওজনগুলি অ্যালুমিনিয়ামের তৈরী হয়। ইহাদের উপর বায়ুর বা অক্সিজেনের কোন ক্রিয়া হয় না। ওজনের মানগুলি এইরূপ: 100, 50, 20, 20, 10, 5, 2, 2, 1 গ্রাম-চিহ্নিত বাটখারা; 0·5, 0·2, 0·2, 0·1, 0·05, ·02, ·02 ·01 গ্রামে চিহ্নিত বাটখারার ওজনগুলি ইহাদের গায়ে যথাক্রমে 500, 200, 200, 100, 50, 20, 20, 10 মিলিগ্রাম চিহ্ন থাকে।



১৮নং চিত্র—ওজনের বাক্স

(৯) ধুলা, বাতাস হইতে যন্ত্রকে মুক্ত রাখিবার জন্য যন্ত্র কাচের বাক্সের মধ্যে বসানো থাকে।

(১০) **রোহী** (Rider): বাটখারা দ্বারা দশমিকের দুই স্থান পর্যন্ত ওজন পাওয়া যায়। দশমিকের চার স্থান (0·0001 গ্রাম) পর্যন্ত ওজন পাইতে হইলে আমরা রোহী ব্যবহার করি। ইহা একটি অ্যালুমিনিয়ামের বাঁকানো তার J। বুঙ্গে তুলাযন্ত্রে ইহার ওজন = 1 সেন্টিগ্রাম = 0·01 গ্রাম। দাঁড়ির বাহু দশটি সমান বড় অংশে এবং প্রত্যেক বড় অংশ আরও দশটি সমান অংশে ভাগ করা হয়। সুতরাং প্রত্যেক বড় দাগ = 0·001 গ্রাম এবং প্রত্যেক ছোট দাগ = 0·0001 গ্রাম প্রকাশ করে। যদি রোহী n বড় দাগের পর n ছোট দাগে বসানো হয় তবে জিনিসের ওজন = ডান দিকের পাল্লার মোট

ওজন $+n\times 0{\cdot}001$ গ্রাম $+ n \times 0{\cdot}0001$ গ্রাম। রোহীকে শূন্য দাগে রাখিলে ওজনের কোন তারতম্য হয় না। কাচের বাক্সের বাহির হইতে একটি অনুভূমিক দণ্ড (carrier) দ্বারা রোহীকে যথাস্থানে বসানো হয়। হাত বা চিমটা দিয়া রোহীকে সরানো উচিত নয়। এই তুলাযন্ত্র ব্যবহার করিবার সময় রোহীকে শূন্য দাগে রাখিয়া দাঁড়িকে অবলম্বন হইতে উপরে তুলিয়া দেখিয়া লইতে হইবে যে, P নির্দেশক M স্কেলের শূন্য দাগের দুইধারে সমান অংশ পর্যন্ত দোলে।

(১১) **ওজন করার পদ্ধতি :** (১) পাল্লা সর্বদা পরিষ্কার ও ধূলিমুক্ত রাখিবে। (২) স্ক্রুগুলি ঘুরাইয়া ওজন দেখিয়া যন্ত্রকে ব্যবস্থিত (adjust) কর। এই অবস্থায় যন্ত্র সমতল থাকিবে, দণ্ড অনুভূমিক থাকিবে। দাঁড়িকে অবলম্বন হইতে উপরে তুলিলে P নির্দেশক কাঁটা M স্কেলের মধ্যবিন্দুতে (শূন্য দাগে) স্থির থাকিবে কিংবা শূন্য দাগের দুই ধারে সমান অংশ পর্যন্ত দুলিবে। (৩) বাম পাল্লায় পূর্বে-ওজন-করা ঘড়ির কাচে (watch-glass) বা ওজন-বোতলে (weighing bottle) জিনিস এবং ডান পাল্লায় বাটখারা রাখিবে। (৪) গরম বা ঠাণ্ডা জিনিস ওজন করিবে না। (৫) দাঁড়িকে খুব ধীরে ধীরে তুলিবে নচেৎ অ্যাগেটের ক্ষুরধার ভোঁতা হইয়া যায়। (৬) কাচের বাক্স বন্ধ করিয়া শেষ ব্যবস্থা করিবে। (৭) ওজনগুলি বাক্সে স্বস্থানে রাখিবে। (৮) ওজন শেষ হইলে রোহী দাঁড়ির উপর রাখিবে না, দণ্ডের উপর রাখিবে। (৯) ওজন হাত দিয়া তুলিবে না, চিমটা দিয়া তুলিবে। রাসায়নিক তুলাযন্ত্র এত সূক্ষ্ম যে, ইহার সাহায্যে একটি চুল পর্যন্ত ওজন করা যায়।

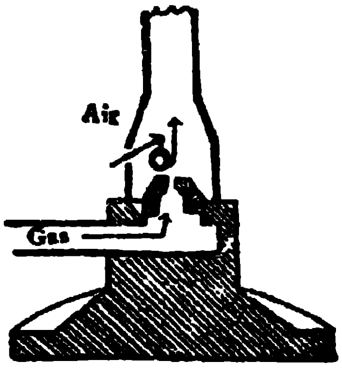
১৩। চাপমাপক : ব্যারোমিটার (Barometer) : এই যন্ত্র দিয়া বায়ুমণ্ডলের চাপ মাপা হয়। পৃথিবীর 45° অক্ষাংশে 0°C উষ্ণতায় বায়ুর চাপ 760 মিলিমিটার দীর্ঘ পারদস্তম্ভের ওজনের সমান হয়। ইহাকে **সাধারণ চাপ** (Normal Pressure) বলে। **ম্যানোমিটার** (Manometer) দিয়া গ্যাসের চাপ মাপা হয়।

১৪। থার্মোমিটার (Thermometer) : এই যন্ত্র দিয়া উষ্ণতা মাপা হয়। বৈজ্ঞানিক মাপে সেন্টিগ্রেড স্কেল প্রয়োগ করা হয়।

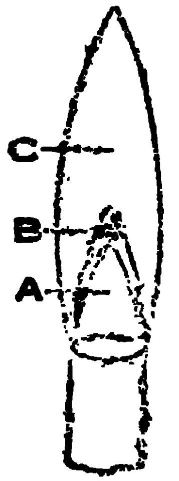
১৫। বুনসেন দীপের কৌশল (Mechanism of a Bunsen burner) : এই দীপ পরীক্ষাগারে কোল্ গ্যাস জ্বালাইবার একটি যন্ত্র।

পরীক্ষাগারে এই দীপ দিয়া কোন বস্তুকে উষ্ণ করা হয়। ইহা রান্নাঘরের উনানের মত।

(ক) **যন্ত্র** ঃ এই যন্ত্রের তিনটি অংশ থাকে। (i) নীচে পার্শ্বনল-যুক্ত একটি **পায়া** (base) থাকে। পার্শ্বনলটি একটি সরু ছিদ্রের (jet) সঙ্গে যুক্ত থাকে। কোল্‌গ্যাসের নলের সঙ্গে খুব আঁট বরার-নল দিয়া দীপের পার্শ্বনলের সংযোগ করা হয়। (ii) পায়ার প্যাঁচের সঙ্গে একটি লম্বা ধাতব নল জোড়া থাকে। ইহাকে **দীপ-নল** (burner tube) বলে। ইহার মাথায় গ্যাস দীপ-শিখার আকারে জ্বলিতে থাকে, ইহার নীচের দিকে বায়ু ঢুকিবার ছিদ্র (air holes) থাকে। (ii) দীপ-নলের নিম্ন গায়ে একটি ছোট ধাতব আংটি পরানো থাকে ; ইহাতেও একটি কি দুইটি ছিদ্র থাকে। আংটির ছিদ্র দীপ-নলের ছিদ্রের মুখোমুখি হইতে পারে। ইহা ঘুরাইয়া দীপ-নলের ছিদ্রকে সম্পূর্ণরূপে বা আংশিকভাবে বন্ধ করিয়া বা খুলিয়া দীপ-নলের ভিতর বায়ু নিয়ন্ত্রণ করা যায়। ইহাকে বায়ু-নিয়ন্ত্রক (air regulator) বলে। দীপের তিনটি অংশই সম্পূর্ণরূপে পৃথক করা যায়।



১৯নং চিত্র—
বুনসেন দীপ



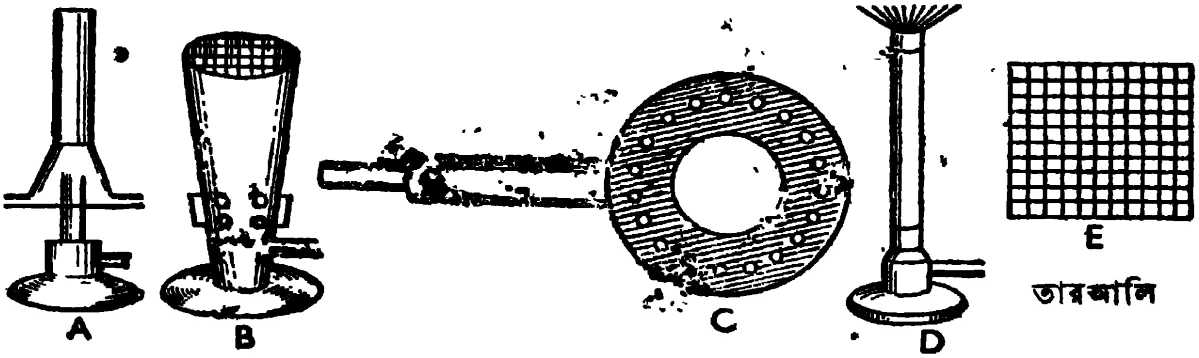
২০নং চিত্র—
শিখা

(খ) **বুনসেন দীপের শিখা ঃ পরীক্ষা** (E) ঃ (i) বায়ু-ছিদ্র **বন্ধ** কর। কোল গ্যাস গ্যাসাধার হইতে পার্শ্বনল দিয়া দীপে ঢুকিয়া দীপনল বাহিয়া উপরে উঠে, কিন্তু গ্যাস দীপনলের ভিতর বায়ুর সহিত মিশিতে পারে না। একটি জ্বলন্ত কাঠি দীপের মুখে ধর। দীপের মুখে দহন অসম্পূর্ণ (incomplete) হয় এবং কঠিন কারবন গুঁড়ার জন্য শিখা **দীপ্ত** (luminous) ও দীর্ঘ হয়।

এই শিখা ধোঁয়াযুক্ত হয়। এই শিখা সাধারণ রেড়ি বা সরিষার তেলের প্রদীপের শিখার মত। এই শিখার বর্ণ হল্‌দে হয়। গ্যাসের এই শিখার তিনটি প্রকোষ্ঠ থাকে। এইরূপ শিখার উপর একটি পাত্র ধরিলে কারবনের জন্য পাত্রের নীচে ঝুল পড়িয়া কালো হয়।

(ii) বায়ু-ছিদ্র **খোলা**: বায়ু-ছিদ্র ধীরে ধীরে খুলিলে গ্যাস সরু ছিদ্র দিয়া দীপ-নলে ঢুকিয়া উপরে উঠিয়া যায় এবং সঙ্গে সঙ্গে সেখানে বায়ুর চাপ-হ্রাস হয়। গ্যাস বায়ু-ছিদ্র দিয়া বায়ু টানিয়া (sucked in) লয়। গ্যাস বায়ুর সহিত উপরে জ্বলিতে থাকে। শিখা **অদীপ্ত** (non-luminous) হয় এবং আকারে **ছোট** হয়। এই শিখা নির্ধূম নীলাভ। প্রাইমাস স্টোভের যে নির্ধূম শিখা দেখা যায় এই শিখা সেই রকমের। এই গ্যাসশিখার মাত্র দুইটি প্রকোষ্ঠ থাকে: (ক) ভিতরের নীল প্রকোষ্ঠে অদগ্ধ গ্যাস থাকে। ইহাকে **বিজারক** প্রকোষ্ঠ বলে। (খ) বাহিরে থাকে অদীপ্ত ও **জারক** প্রকোষ্ঠ। বাহিরের প্রকোষ্ঠের আগা (tip) উষ্ণতম অঞ্চল। এইরূপ শিখার উপর পাত্র ধরিলে পাত্রের নীচে ঝুল জমে না।

শিখার উপর ধাতব তেপায়া রাখিয়া তাহার উপর তারজালি (wire-gauze) রাখিয়া কোন পাত্র গরম করিতে হয়। ইহাতে পাত্রের সকল অংশ সমানভাবে তাপ পায়। গ্যাস সরবরাহ কমাইয়া বা বাড়াইয়া শিখা ছোট-বড় করা যায়।



২১নং চিত্র

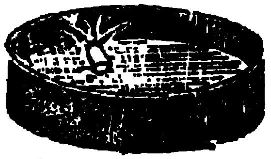
(গ) **বেশী বায়ু প্রবেশের ফল**: যত বেশী বায়ু দীপ-নলে ঢোকে শিখা তত বেশী উষ্ণ হয়। কিন্তু অত্যন্ত বেশী বায়ু ঢুকিলে ভিতরের প্রকোষ্ঠ সবুজ্ হয় এবং শিখা একটি বিকট শব্দ করে। আরও বেশী বায়ু ঢুকিলে শিখা নলের ভিতর দিকে নামিয়া যায় এবং গ্যাস নীচের সরু ছিদ্রের মুখে

জ্বলে। ইহাকে শিখার **পশ্চাদপসরণ** (striking back) বলে। এইরূপ অবস্থায় বায়ু-ছিদ্র খুব গরম থাকে। ইহা হাত দিয়া ধরিবে না। দীপ-নলকে ঠাণ্ডা করিলে, বায়ুর সরবরাহ কমাইলে বা গ্যাসের পরিমাণ বাড়াইলে শিখার পশ্চাদপসরণ নিবারিত হয়। যে সকল স্থানে গ্যাস তৈরী হয় না সেখানে স্পিরিট ল্যাম্প ব্যবহার করা হয়।

বুনসেন দীপ ব্যতীত টেক্লু (Teclu, A), মেকার (Macker, B) রিং (ring, C) মীনপুচ্ছ (Fish tail, D) দীপ ব্যবহৃত হয়।

১৬। রসায়ন শিক্ষার গোড়াতেই শুষ্ক ও কঠিন বিষয় আলোচনা না করিয়া কতকগুলি চিত্তাকর্ষক পরীক্ষা করিলে ছাত্রগণ যন্ত্রপাতির সঙ্গে পরিচিত হইবে এবং তাহাদিগের রসায়নপাঠে আগ্রহ বৃদ্ধি পাইবে।

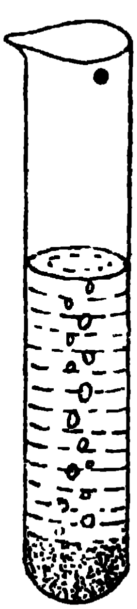
(১) একটি পরীক্ষানলে সামান্য পাতলা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড লও। ইহাতে কয়েক ফোঁটা নীল লিটমাস দ্রবণ যোগ কর। ইহার বর্ণ মুহূর্তে লাল হয়। ইহাতে উপযুক্ত পরিমাণ কস্টিক সোডা দ্রবণ মিশাও। ইহা পুনরায় নীল হয়। কেমন রংয়ের খেলা !



২২নং চিত্র—জলে পটাসিয়ামের দহন

(২) একটি বড় পাত্রে জল লও। ইহাতে চিমটা দিয়া ধরিয়া এক টুকরা পটাসিয়াম ফেলিয়া দাও। ইহা জলের উপর ভাসিতে ভাসিতে জ্বলিয়া উঠে এবং হিস হিস শব্দ হয়। কেমন দেখ জলের উপর আগুন জ্বলে !

(৩) একটি ছোট বীকারে কয়েকটি ফেরিক ক্লোরাইডের দানা লও। ইহাতে জল দিয়া কাচদণ্ড দিয়া নাড়। দ্রবণের বর্ণ হলদে হয়। দ্রবণে দুই-এক টুকরা দস্তা ফেল এবং ধীরে ধীরে সালফিউরিক অ্যাসিড ঢাল। কিছুক্ষণ পরে দ্রবণ বর্ণহীন হয় এবং দ্রবণের মধ্যে ভুর ভুর করিয়া গ্যাস উঠে।



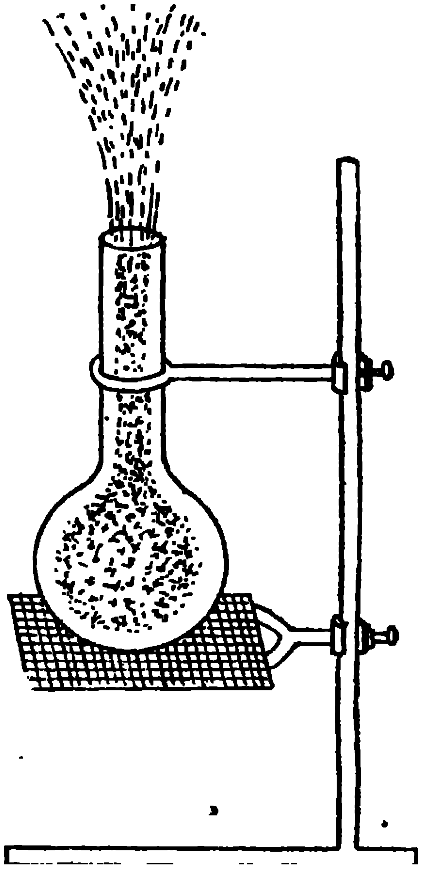
২৩নং চিত্র

(৪) একটি খলে নুড়ি দ্বারা শুষ্ক আয়োডিন গুঁড়া কর। ইহার ভিতর কিছু শুষ্ক অ্যালুমিনিয়াম গুঁড়া দিয়া ভালরূপে মিশাও। এই মিশ্রণকে একটি শুষ্ক ফ্লাস্কে রাখ। মিশ্রণে কয়েক ফোঁটা জল দিয়া ঝাঁকাও। ফ্লাস্ককে তারজালির উপর রাখিয়া

বন্ধনী দিয়া আটকাও। কিছুক্ষণের মধ্যে ফ্লাস্ক বেগুনী বর্ণের ধোঁয়ায় ভর্তি হইবে এবং মাঝে মাঝে আলোর ফুলকি দেখা যাইবে।

(৫) একটি চীনামাটির চওড়া ডিশে কয়েক টুকরা আয়োডিন রাখ। চিমটা দিয়া একটু দূরে ছোট এক টুকরা ফসফরাস রাখ। প্রথমে কিছুই হয় না। এখন ফসফরাসকে আয়োডিনের গায়ে লাগাইয়া দিলেই আপনা হইতেই ফসফরাসে দাউ দাউ করিয়া আগুন জ্বলিয়া উঠে।

(৬) একটি পরীক্ষানলে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ লও। অপর নলে পরিষ্কার লবণাক্ত জল লও। ইহারা উভয়ে দেখিতে স্বচ্ছ ও বর্ণহীন। এখন একটি নলের তরল অপর নলে ঢাল। বর্ণহীন তরল সাদা হইবে এবং নলের নীচে সাদা পদার্থ জমিবে। ইহাতে অধিক পরিমাণে অ্যামোনিয়াম হাইড্রোক্সাইড মিশাও। দ্রবণটি স্বচ্ছ হইবে।



২৪নং চিত্র

৭। কিছু শুষ্ক ফেরিক অক্সাইড ও অ্যালুমিনিয়াম গুঁড়া ভালরূপে মিশাও। মিশ্রণকে একটি বেসিনে স্তূপ করিয়া রাখ। স্তূপের উপর একটু পটাসিয়াম ক্লোরেট রাখ। ইহাতে পাঠকাঠি জ্বালাইয়া আগুন ধরাইয়া দাও। স্তূপটি উজ্জ্বলভাবে জ্বলিয়া উঠিবে এবং চারদিকে আগুনের ফুলকি ছড়াইয়া পড়িবে।

রসায়নের এই পরীক্ষাগুলি সাধারণ হইলেও কি রকম চমৎকার! ইহারা আকস্মিকভাবে ঘটে না। ইহাদের মধ্যে কার্যকারণ সম্পর্ক আছে। এই কারণগুলি পরে জানিতে পারিবে। তোমরা এইরূপ বিস্ময়কর ও বিচিত্র পরীক্ষা রসায়নাগারে আরও দেখিবে।

[শিক্ষণ নির্দেশ : শুধু যন্ত্রপাতি দেখাইলে চলিবে না। ছাত্রদিগকে প্রত্যেক যন্ত্রপাতির কার্য পরীক্ষা দ্বারা দেখানো প্রয়োজন। যদি সম্ভব হয় তবে ছাত্রগণ নিজেরাই ইহা ব্যবহার করিবে।]

প্রশ্নাবলী

1. Describe the construction of a chemical balance. What is the principle of a rider ? রাসায়নিক তুলার গঠন বর্ণনা কর। রোহীর মূল নীতি কি ?

2. What precautions should be taken in weighing by a chemical balance ? রাসায়নিক তুলায় ওজন করিতে কি সাবধানতা অবলম্বন করিবে ?

3. Write short notes on : Normal temperature, normal pressure, burette, pipette, flask, mortar, pestle, and trough. নিম্নলিখিত বিষয়গুলির উপর সংক্ষিপ্ত টিকা লিখ : (i) প্রমাণ উষ্ণতা, প্রমাণ চাপ, বিউরেট, পিপেট, ফ্লাস্ক, খল, নুড়ি ও দ্রোণী।

4. Describe the mechanism of a Bunsen burner. What is the effect of the opening and closing the air-hole ? বুনসেন দীপের গঠন-কৌশল বর্ণনা কর। বায়ু-ছিদ্র খুলিলে ও বন্ধ করিলে কি ফল হয় ?

তৃতীয় অধ্যায়

[Course Content : Common Laboratory processes : decantation, filtration, evaporation, crystallisation, distillation and sublimation. Demonstration, Relevant experiments and the use of these processes in preparing pure substance.]

সাধারণ পরীক্ষাগার* প্রণালী
(Common Laboratory processes)

সরবত তৈয়ার করিতে হইলে প্রথমে মিছরি জলে গুলিতে হয়। তৎপরে ন্যাকড়া দিয়া ছাঁকিতে হয়। এক কাপ চা তৈয়ারী করিতে হইলে প্রথমে ফুটন্ত জলে চায়ের পাতা ভিজাইয়া, চায়ের পাতা ছাঁকিয়া, চায়ের জলে চিনি ও দুধ মিশাই। সরবত ও চা তৈয়ারী করা রাসায়নিক প্রক্রিয়া। রসায়নাগারে এইরূপ অনেক সাধারণ পরীক্ষা করিতে হয়।

প্রায়ই এক পদার্থ অন্য পদার্থের সহিত মিশ্রিত অবস্থায় থাকে। কোন পদার্থকে মিশ্রণ হইতে পৃথক করিয়া বিশুদ্ধ অবস্থায় পাইলে তবেই তাহার ধর্ম ও ক্রিয়া সম্পর্কে সঠিক তথ্য জানা যায়। পদার্থের ভৌত অবস্থার (কঠিন, তরল বা বায়বীয়) উপর পৃথকীকরণ ও বিশুদ্ধীকরণ প্রণালী নির্ভর

---

*পরীক্ষাগার : বৈজ্ঞানিক পরীক্ষাগুলি যে ঘরে সম্পন্ন হয় তাহাকে পরীক্ষাগার বলে। রাসায়নিক পরীক্ষাগারে দীর্ঘ কাঠের টেবিলের ধারে ছাত্রগণ কাজ করে। টেবিলের উপর একটি কাঠের সেল্‌ফে (Shelf) প্রয়োজনীয় বিকারক (reagent) রাখা হয়। রাসায়নিক পরীক্ষাগারে সর্বদা তাপ ও জল প্রয়োজন। তাপ উৎপাদনের জন্য গ্যাস জ্বালাইবার ব্যবস্থা থাকে। গ্যাস-নলে গ্যাস-দীপ সংযুক্ত থাকে। প্রয়োজনমত গ্যাস-নলের প্যাঁচকল (tap) ঘুরাইয়া দীপ জ্বালানো হয়। জলের কল সাধারণতঃ টেবিলের একধারে থাকে। কলের নীচে পোর্সলেনের গামলা (sink) থাকে। শিশি বোতল ধুইবার সময় ধোয়ানি জল গামলার ভিতর পড়ে এবং ড্রেন দিয়া বাহির হইয়া যায়। পরীক্ষাগারে এক পার্শ্বে একটি কাচের সার্সি দিয়া ঢাকা প্রকাণ্ড বাক্স থাকে। ইহাকে ফিউম কাপ বোর্ড (fume cup-board) বলে। যে সকল পরীক্ষায় দুর্গন্ধ বা বিষাক্ত গ্যাস নির্গত হয় সেই সকল পরীক্ষা ইহার ভিতর সম্পন্ন করিতে হয়। বাক্সের উপর দিকে একটি নির্গম-নল থাকে। নলের ভিতর দিয়া বিষাক্ত গ্যাস বাহির হইয়া উপরের দিকে যায়।

করে। আবার এক পদার্থের সহিত অন্য পদার্থের সংযোগ ঘটাইয়া নূতন পদার্থ প্রস্তুত করা হয়। নিম্নে এই সকল প্রণালীর কথা আলোচনা করা হইল।

দ্রবণ (Solution)

১৭। **দ্রবণ** (Solution) : **পরীক্ষা** (E) : বীকারে কাদামাটি লইয়া জল ঢাল। জলকে নাড়িয়া দাও। জল ঘোলাটে দেখায়। কাদামাটি জলে অদ্রাব্য।

অপর বীকারে একটু চিনি লইয়া জল ঢাল। বীকারকে না নাড়িয়া রাখিয়া দাও। খানিকক্ষণ পরে দেখিবে, চিনি জলে অদৃশ্য হইয়াছে কিন্তু জল মিষ্ট লাগে। উপরের জল কম মিষ্ট, নীচের জল বেশী মিষ্ট লাগে। দ্রবণের এই অবস্থা অসমস্বত্ব (heterogeneous) মিশ্রণ। জলকে কাচের দণ্ড দিয়া ভালভাবে নাড়িয়া দাও। এখন জলের সকল অংশ সমান মিষ্ট হয়। এই জলকে স্বচ্ছ দেখায়। দ্রবণের এই অবস্থা সমস্বত্ব (homogeneous) মিশ্রণ আমরা চিনি ও জল থিতান বা ছাঁকন প্রক্রিয়ায় পৃথক করিতে পারি না। জলে দ্রবীভূত চিনির পরিমাণ নির্দিষ্ট সীমার মধ্যে বাড়ানো বা কমানো যায়।

সুতরাং দুই বা ততোধিক পদার্থের সমস্বত্ব মিশ্রণে যদি উপাদানের আপেক্ষিক পরিমাণকে নির্দিষ্ট সীমার মধ্যে পরিবর্তিত করা যায় তবে মিশ্রণকে **দ্রবণ** বলে। দ্রবণে উপাদানগুলি সর্বত্র সমান ও অবিচ্ছিন্নভাবে মিশিয়া থাকে। দ্রবণে উপাদানের পরিমাণ পরিবর্তন করা যায় কিন্তু যৌগিক পদার্থের উপাদানের আপেক্ষিক পরিমাণ পরিবর্তন করা যায় না। তরল মাধ্যমে কঠিনের দ্রবণের দৃষ্টান্ত খুব সাধারণ। কঠিন বা গ্যাসে কঠিন ও গ্যাসের দ্রবণের এবং তরলে তরল ও গ্যাসের দ্রবণের দৃষ্টান্ত অনেক পাওয়া যায়। সোডার জল = জল + কারবন ডাই-অক্সাইড গ্যাস। দ্রবীভূত পদার্থকে **দ্রাব** (solute) এবং যে মাধ্যমে দ্রাব দ্রবীভূত হয় তাহাকে **দ্রাবক** (solvent) বলে। **দ্রবণ = দ্রাব + দ্রাবক**। দ্রাব হইতে দ্রাবকের পরিমাণ বেশী থাকে। দ্রবণ ও দ্রাবকের অবস্থা (state) একই হয়। চিনি দ্রাব ও জল দ্রাবক। দ্রাব দ্রাবকের মধ্যে সমানভাবে মিশিয়া থাকে। জল সাধারণ দ্রাবক ; কোহল, পেট্রোল, বেন্‌জিন, কারবন ডাই-সালফাইড অন্যান্য দ্রাবক। কোহলে দ্রবীভূত ঔষধকে Tincture বলে। নির্দিষ্ট ওজন বা আয়তনের দ্রাবকে দ্রাবের নির্দিষ্ট পরিমাণ দ্বারা দ্রবণের **গাঢ়তা** (concentration) প্রকাশ করা

হয়। যদি দ্রবণে দ্রাবের পরিমাণ কম থাকে তবে দ্রবণকে **পাতলা** (dilute), যদি পরিমাণ বেশী থাকে তবে দ্রবণকে **গাঢ়** (concentrated) বলে।

যখন কোন কঠিন পদার্থ দ্রবে গুলিয়া থাকে তখন উহার অণু দ্রাবকের অণুগুলির সহিত মিশিয়া যায়। সেইজন্য দ্রাবকে দ্রবণের মধ্যে দেখা যায় না। দ্রবণকে বাষ্পীভূত করিলে দ্রাবক উপিয়া যায়। দ্রাব পাত্রে পড়িয়া থাকে।

সব পদার্থই একই দ্রাবকে দ্রবণীয় হয় না। গন্ধক জলে ও অম্লে অদ্রবণীয় কিন্তু কারবন ডাই-সাল্‌ফাইডে দ্রবণীয়। চিনি, সোডা, তুঁতে, পটাশ ও লবণ জলে অত্যন্ত দ্রবণীয় (highly soluble)। কিন্তু চুন, খড়িমাটি জলে সামান্য দ্রবণীয় (sparingly soluble)। শুধু তরলে যে কঠিন দ্রবীভূত হয় তাহা নহে, তরলে তরল ও গ্যাসও দ্রবীভূত হয়। কোহল জলে দ্রাব্য। অ্যামোনিয়া ও কারবন ডাই-অক্সাইড জলে দ্রাব্য।

১৮। ✓ **তরলে কঠিনের দ্রাব্যতার পরীক্ষা** (Test of Solubility): কোন কঠিন কোন একটি তরলে দ্রাব্য কিনা নিম্নলিখিত পরীক্ষা দ্বারা বোঝা যায়:—একটি পরীক্ষানলে তরলটি লও। কিছু কঠিন তরলে ফেলিয়া ভাল করিয়া নাড়িয়া দাও। ফিল্‌টার কাগজে সমস্ত দ্রবণকে পরিস্রুত করিয়া (ছাঁকিয়া, filter) পরিস্রুত (filtrate) তরলের দুই ফোঁটা পোর্সিলেন পাত্রে বাষ্পীভূত কর। যদি পাত্রে কিছু কঠিন পড়িয়া থাকে তবে বুঝিবে কঠিন তরলে দ্রাব্য। যদি পড়িয়া না থাকে তবে বুঝিবে কঠিন তরলে অদ্রাব্য (insoluble)।

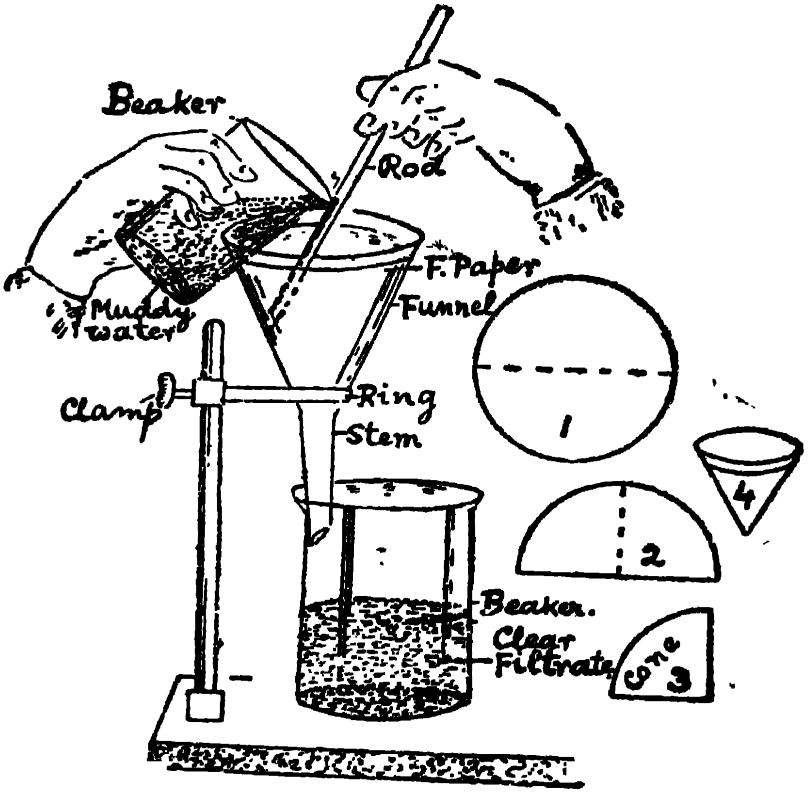
১৯। ✓ **অদ্রাব্য কঠিনের পৃথকীকরণ** (Separation of Insoluble Solids):

নিম্নলিখিত উপায়ে ইহা সম্পন্ন হয়:—

✓ **(ক) প্রলম্বন** (Suspension): (যখন কোন পদার্থের হাল্‌কা ও ক্ষুদ্র কণা তরল বা গ্যাসীয় মাধ্যমে ভাসিতে থাকে তখন এই মিশ্রণ অবস্থাকে **প্রলম্বন** বলে।) ফেনা (foam) তরলে গ্যাসের প্রলম্বন; ধোঁয়া (smoke) গ্যাসে কঠিনের কণার প্রলম্বন, কুয়াশা (mist) গ্যাসে তরলের কণার প্রলম্বন। বায়ুতে ধূলিকণা ও বর্ষার ঘোলা জলে কাদার কণা প্রলম্বিত অবস্থায় থাকে। যদি একটি তরলের কণা অপর তরল মাধ্যমে ভাসিতে থাকে তখন এই মিশ্রণ-অবস্থাকে Emulsion বলে। দুধ জলে চর্বির Emulsion।

(খ) **থিতান** (Sedimentation) ও **আস্রাবণ** (Decantation) : **পরীক্ষা** (E) : বীকারে জল লইয়া উহাতে খানিকটা মাটি ফেলিয়া নাড়িয়া দাও। জলে মাটির কণা প্রলম্বিত অবস্থায় থাকে। কিছুক্ষণ ঘোলা জলকে স্থিরভাবে রাখিয়া দাও। প্রলম্বিত **ভারী অদ্রাব্য** কঠিন পদার্থ বীকারের তলায় থিতাইয়া জমে। ইহাকে **পলি** বা **কল্ক** (sediment) বলে। বীকারের উপর দিকে জল পরিষ্কার থাকে। নীচের ভারী পলিকে না নাড়িয়া সাবধানে বীকারকে কাত করিয়া উপরের জলকে খুব ধীরে ধীরে অপর পাত্রে ঢালিয়া ফেল। এইরূপে অদ্রাব্য কঠিন পদার্থ ও তরল পদার্থ পৃথক করা যায়। চাউল জলে ধুইয়া পাত্রের তলায় থিতাইয়া উপর হইতে জলকে ঢালিয়া লওয়া হয়।

তরলে প্রলম্বিত অদ্রাব্য ভারী কঠিন পদার্থকে পাত্রের তলায় জমিতে দেওয়ার প্রণালীকে **থিতান** বলে। নীচের কঠিনকে না নাড়িয়া উপরের তরলকে ধীরে ধীরে অপসারণের প্রণালীকে **আস্রাবণ** বলে। এই প্রণালীতে ভারী অদ্রাব্য পদার্থকে পৃথক করিতে অনেক সময় লাগে এবং তরলে ভাসমান হাল্কা কঠিনের কণা পৃথক করা যায় না।



২৫নং চিত্র—পরিস্রাবণ

(গ) **ছাঁকন** বা **পরিস্রাবণ** (Filtration) : **পরীক্ষা** (E) : একখানা ফিল্টার কাগজকে (1) দুইবার পর পর অর্ধেক ভাঁজ কর (2, 3) তিন

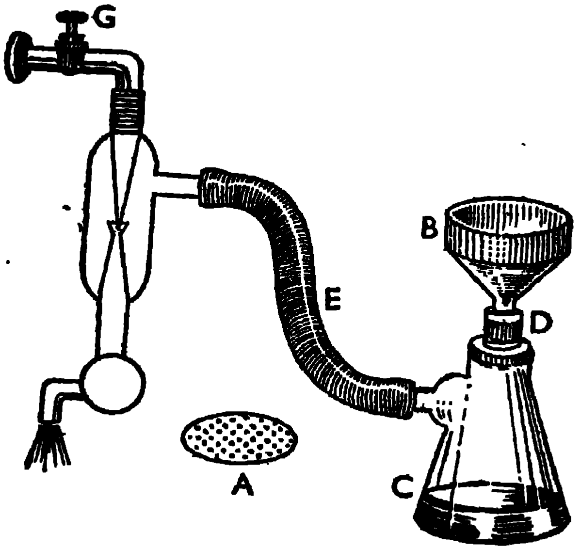
ভাঁজ একদিকে ও এক ভাঁজ আর একদিকে লইয়া একটি শঙ্কু (cone, 4) গঠন কর। শঙ্কুকে ফানেলের মধ্যে রাখ। কাগজে দু-এক ফোঁটা জল দাও। ইহাতে কাগজ ফানেলের গায়ে সাঁটিয়া যায়। ফানেলকে একটি আংটায় (ring) বসাও। ফানেলের নীচে একটি পাত্র এমনভাবে রাখ যাহাতে ফানেলের সরু দণ্ড (stem) পাত্রের গায়ে লাগে। একটি কাচদণ্ডের (rod) গা বহিয়া কাদা (muddy) জল বা নদীর ঘোলা জল লবণমিশ্রিত করিয়া সাবধানে ফানেলে ঢাল যেন জল-রেখা সব সময়েই ফিল্টার কাগজের উপর-প্রান্তের একটু নীচেই থাকে।

ফিল্টার কাগজে অসংখ্য অতিসূক্ষ্ম ছিদ্র থাকে। লবণের দ্রবণ ফিল্টার কাগজের ছিদ্রের (pores) মধ্য দিয়া নীচের পাত্রে চলিয়া যায়। অদ্রাব্য কঠিন কাগজে আটকাইয়া যায়। যদি ছাঁকা দ্রবণ হইতে কয়েক ফোঁটা তরল একটি খর্পরে লইয়া জলগাহের উপর বা তারের জালির উপর রাখিয়া দীপের সাহায্যে গরম কর তবে জল বাষ্পীভূত হইবে এবং খর্পরে লবণ পড়িয়া থাকিবে। (এইরূপে আমরা টুকরা কাপড়ে শরবত, চা ছাঁকি। চায়ের পাতা, শরবতের ময়লা কাপড়ের ছিদ্রের মধ্য দিয়া যাইতে পারে না কিন্তু দ্রবণ চলিয়া যায়। সেইরূপে আমরা কবিরাজী ঔষধ, যথা ত্রিফলা, জলে ভিজাইয়া কাপড়ে ছাঁকিয়া ইহার ক্বাথ পান করি।)

(সচ্ছিদ্র কোন দ্রব্যের [যথা ফিল্টার কাগজ, কাঠ-কয়লা, তুলা, কাপড়, কাচের পশম (glass wool), অ্যাস্‌বেস্টস্‌, ক্যানভাস] সাহায্যে অদ্রাব্য কঠিন পদার্থ হইতে তরলকে পৃথকীকরণের পদ্ধতিকে **ছাঁকন** বা **পরিস্রাবণ** বলে। নীচের পরিষ্কার তরলকে **পরিস্রুত** (filtrate) এবং ফিলটার কাগজের উপর অদ্রাব্য কঠিনকে **অবশেষ** (residue) বলে। গৃহস্থালী ফিল্টারে পানীয় জল বালি ও কাঠ-কয়লার মধ্য দিয়া পরিস্রুত করা হয়। একটি অদ্রাব্য পদার্থ একটি দ্রাব্য পদার্থের সহিত একত্রে মিশ্রিত থাকিলে এই পদ্ধতিতে পৃথক করা যায় কিন্তু দুইটি দ্রাব্য পদার্থ, যথা চিনি ও লবণ, একত্রে মিশ্রিত করা থাকিলে এইরূপে পৃথক করা যায় না। আবার কোন তরলে কোন কঠিন দ্রবীভূত থাকিলেও তরল ও কঠিন এই পদ্ধতিতে পৃথক করা যায় না।)

দ্রুত পরিস্রাবণ (Rapid Filtration) : দ্রুত ছাঁকিবার জন্য সচ্ছিদ্র চাকতিযুক্ত পোসিলেন ফানেল (B) ব্যবহার করা হয়। ফানেলের নীচে

একটি ফ্লাস্ক (C) থাকে। এই ফানেলকে বুকনার ফানেল (Buchner funnel) ও ফ্লাস্ককে বুকনার ফ্লাস্ক (Buchner flask) বলে। ফ্লাস্কের মুখে ছিদ্রযুক্ত চাকতির (A, পৃথকভাবে দেখানো হইয়াছে) উপর ফিলটার কাগজ এমনভাবে রাখা হয় যাহাতে চাকতির সমগ্র তলদেশ আবৃত থাকে। D-রবারের কর্ক দিয়া ফ্লাস্কের মুখে ফানেল লাগানো হয় যাহাতে ফ্লাস্ক বায়ু-নিরুদ্ধ থাকে। ফ্লাস্কের পার্শ্বনলকে রবার নল (E) দ্বারা ফিল্টার পাম্পের (F, filter pump) সঙ্গে যুক্ত করা হয়। আবার রবার-নল দিয়া ফিল্টার পাম্পের সঙ্গে জলের কলের (G) সংযোগ করা হয়। কল সম্পূর্ণভাবে খুলিয়া দিলে জল জোরে পাম্প হইতে বাহির হয় এবং সেই সঙ্গে ফ্লাস্ক হইতে খানিকটা বায়ুও বাহির হইয়া যায়। সুতরাং ফানেলের নীচে বায়ুনিরুদ্ধ ফ্লাস্কের ভিতর বায়ুর চাপ কমিতে থাকে। বাহিরের অধিক বায়ুর চাপে তরল শীঘ্র শীঘ্র ফিল্টার কাগজের ভিতর দিয়া ফ্লাস্কের আংশিক বায়ুশূন্য স্থান পূরণ করে। সেইজন্য **কম চাপে** (under reduced pressure) দ্রুত ফিল্টার হয়। অনেক সময় শিল্পে কাপড়ের বা ক্যান্ভাসের মধ্য দিয়া অধিক চাপে তরল নিঙড়ানো হয়। জল-ছানা কাপড়ে বাঁধিয়া চাপ দিয়া জল নিঙড়ানো হয়।



২৬নং চিত্র—বুকনার ফানেল

উষ্ণ জল ফানেল (Hot water funnel) : দুই-প্রাচীর-বিশিষ্ট তামার ফানেলের মধ্যে কাচের ফানেল বসানো থাকে। দুই প্রাচীরের মধ্যে গরম জল থাকে। পরিস্রাবণের সময় দ্রবণ (solution) উষ্ণ থাকে। শীতল দ্রব অপেক্ষা উষ্ণ দ্রব শীঘ্র পরিস্রুত হয়।

২০। ✓**পদার্থের অবস্থান্তর** (Change of State) : (ক) তাপ-বৃদ্ধিতে কঠিনের তরলে পরিণতিকে **গলন** (Fusion বা Melting) বলে ; যথা, বরফ হইতে জল। তাপ-হ্রাসে তরল হইতে কঠিনে পরিণতিকে **ঘনীভবন** (Solidification বা Freezing) বলে ; যথা, জল হইতে বরফ। তাপ-বৃদ্ধিতে তরল হইতে গ্যাসে পরিণতিকে **বাষ্পীভবন** (Vaporisation),

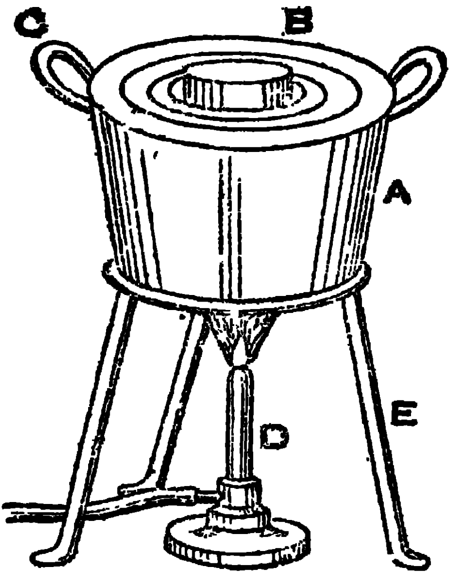
বলে; যথা জল হইতে বাষ্প। তাপ-হ্রাসে গ্যাস হইতে তরলে পরিণতিকে **তরলীভবন** (Condensation বা Liquefaction) বলে; যথা, বাষ্প হইতে জল। কোন কোন কঠিন পদার্থ তরল না হইয়া একেবারে বাষ্পীভূত হয়; এই প্রক্রিয়াকে **উদ্বায়ীভবন** (Volatilization) বলে; যথা, আয়োডিন, কর্পূর। (যে পদার্থ সাধারণ উষ্ণতায় শীঘ্রই বাষ্পীভূত হয় তাহাকে **উদ্বায়ী** (Volatile) বলে; যথা, জল, ইথার, কর্পূর) যে পদার্থ সাধারণ উষ্ণতায় বাষ্পীভূত হয় না তাহাকে **অনুদ্বায়ী** (Non-Volatile) বলে, যথা লবণ ও চিনি।

প্রকৃতিতে এই সব অবস্থান্তরের সুন্দর দৃষ্টান্ত দেখা যায়। সাগর নদ-নদী প্রভৃতি জলাশয় হইতে জল বাষ্পীভূত হইয়া বায়ুতে মিশিয়া যায়। উর্ধ্বে শৈত্যে এই বাষ্প জমিলে জলকণা মেঘরূপে ভাসিতে থাকে। অধিক শৈত্যে মেঘ জমিয়া বৃষ্টিরূপে পৃথিবীর বুকে নামিয়া আসে। উচ্চ পর্বতশিখরে যেখানে উষ্ণতা 0°C-এর নীচে থাকে সেখানে বাষ্প জমিয়া একেবারে কঠিন বরফে পরিণত হয়। গ্রীষ্মে বরফ গলিয়া জল হয় এবং নদীর ধারায় মিশিয়া যায়।

২১। **গলনাঙ্ক** (Melting point) : কোন কঠিনে ক্রমাগত তাপ প্রয়োগ করিলে ইহার উষ্ণতা বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হইতে হইতে একটি নির্দিষ্ট মানে পৌছিলে কঠিন গলিতে আরম্ভ করে এবং যতক্ষণ সমস্ত কঠিনের গলন শেষ না হয় ততক্ষণ এই উষ্ণতা স্থির থাকে। গলন শেষ হইলে আরও তাপ প্রয়োগ করিলে গলিত দ্রব্যের উষ্ণতা বাড়িতে থাকে। সাধারণ বায়ুর চাপে এই নির্দিষ্ট উষ্ণতাকে **গলনাঙ্ক** বলে। বিভিন্ন পদার্থের গলনাঙ্ক বিভিন্ন। 'সীসার গলনাঙ্ক 327°C' বলিলে বুঝিব যে সাধারণ বায়ুর চাপে খানিকটা সীসা লইয়া তাপ প্রয়োগ করিলে ইহার উষ্ণতা বাড়িতে বাড়িতে যখন 327°Cএ পৌছায় তখন সীসা গলিতে আরম্ভ করে এবং যতক্ষণ না সমস্ত সীসা গলিয়া যায় ততক্ষণ এই উষ্ণতা স্থির থাকে। 'হাইড্রোজেনের গলনাঙ্ক —250°C' বলিলে বুঝায় সাধারণ চাপে কঠিন হাইড্রোজেন—250°C উষ্ণতায় তরলে পরিণত হয়। কাচ, মোম, লোহা, ঝাল প্রভৃতি কতকগুলি পদার্থ গলিবার পূর্বে অর্থাৎ একেবারে শক্ত কঠিন অবস্থা হইতে তরল হইবার পূর্বে নরম বা সান্দ্র (plastic বা viscous) অবস্থায় আসে। এই নরম অবস্থায় ইহাদিগকে যে-কোন ছাঁচে বা পদার্থে পরিণত করা যায়। ইহাদিগের গলনাঙ্ক নির্দিষ্ট নয়।

২২। **হিমাঙ্ক** (Freezing point) : সাধারণ চাপে বিশুদ্ধ তরলের ক্রমাগত তাপ-হ্রাস করিলে উষ্ণতা কমিতে কমিতে একটি নির্দিষ্ট মানে পৌঁছিলে তরল ঘনীভূত হইতে আরম্ভ করে এবং যতক্ষণ সমস্ত তরল ঘনীভূত না হয় ততক্ষণ এই উষ্ণতা স্থির থাকে। এই নির্দিষ্ট উষ্ণতাকে **হিমাঙ্ক** বলে। ইহার পরেও তাপ-হ্রাস করিলে কঠিনের উষ্ণতা কমে। বিভিন্ন পদার্থের হিমাঙ্ক বিভিন্ন হয় কিন্তু সাধারণতঃ একই পদার্থের গলনাঙ্ক ও হিমাঙ্ক অভিন্ন হয়। কতকগুলি চর্বিজাতীয় পদার্থের হিমাঙ্ক ও গলনাঙ্ক পৃথক হয়, যথা, মাখন 47°Cতে গলে কিন্তু 20°Cতে জমে। গ্লিসারিন, অ্যাসিটিক অ্যাসিড প্রভৃতি কতকগুলি তরল একবারে কঠিন না হইয়া নরম বা সান্দ্র অবস্থায় আসে। ইহাদিগের নির্দিষ্ট হিমাঙ্ক নাই।

২৩। **বাষ্পীভবন** : (ক) ভিজা কাপড় বাতাসে মেলিয়া দিলে শুকাইয়া যায়। কোন চওড়া পাত্রে জল রাখিলে দুই-তিন দিন পরে দেখা যায় যে সমস্ত জল উবিয়া গিয়াছে। খালি পাত্র পড়িয়া আছে। এইরূপ অবস্থায় তাপ প্রয়োগ না করিলেও কেবলমাত্র বায়ুর সাধারণ উষ্ণতায় জল ধীরে ধীরে অদৃশ্য বাষ্পে পরিণত হয়। যে-কোন উষ্ণতায় তরলের কেবল উপরতল হইতে ধীরে ধীরে বাষ্পে পরিণতিকে **বাষ্পীভবন** বলে। এই প্রক্রিয়া প্রকৃতিতে অহরহ ঘটিতেছে। দেহের ঘাম, মাটির জল, জলাশয়ের জল নিত্যই তাপে বাষ্পীভূত হইতেছে।



২৭নং চিত্র—জলগাহে বাষ্পীভবন প্রক্রিয়া

পরীক্ষা (E) : একটি তামা বা লোহার (A) পাত্রের মুখে কতকগুলি সমকেন্দ্রিক আংটাযুক্ত ঢাকনা (B) থাকে। পাত্রের মাথায় দুইটি হাতল (CC) থাকে। ইহাকে জলগাহ বলে। পাত্রে খানিকটা জল থাকে। পাত্রের নিম্নদেশ গরম করা হয়। একটি ডিশে লবণের দ্রবণ রাখ। ডিশকে জলগাহের উপর রাখ। কয়েক ঘণ্টা পরে ডিশে দ্রাব (লবণ) পড়িয়া থাকে। দ্রাবক (জল) বাষ্পীভূত হইয়া যায়।

(খ) বেশী উদ্বায়ী তরল সাধারণ উষ্ণতায় বায়ুতে রাখিলেই বাষ্পীভূত হয়।

পরীক্ষা (E) **:** একটি ডিশে কারবন ডাই-সালফাইড (CS_2) লইয়া উহাতে গন্ধক দ্রবীভূত কর। দ্রবণকে বায়ুতে রাখিয়া দাও। কিছুক্ষণ পরে পাত্রে দ্রাব গন্ধক পড়িয়া থাকিতে দেখিবে। দ্রাবক CS_2 উপিয়া যায়।

(গ) 100°C উষ্ণতার উর্ধ্বে কোন দ্রব্যকে বাষ্পীভবন করিতে হইলে স্টীম-গাহে (steam bath) গরম বাতাস দিয়া করিতে হয়। (৫৪ পৃঃ দেখ)

দ্রবণকে বাষ্পীভূত করিলে, যথা; লবণ-জল, কেবল দ্রাব সংগৃহীত হয় কিন্তু দ্রাবক উপিয়া যায়।

স্ফুটন (Boiling or Ebulition) **:** একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতায় ও চাপে তরলের উপর-নীচ আশেপাশে সকল অংশ হইতে দ্রুত তরলের বাষ্পে পরিণতিকে স্ফুটন বলে। নির্দিষ্ট উষ্ণতাকে **স্ফুটনাঙ্ক** (boiling point) বলে। স্ফুটনের সময় তরলের বাষ্পের উষ্ণতা একই থাকে যতক্ষণ চাপ এক থাকে। বাষ্পের চাপ তরলের উপর বায়ুর চাপের সমান হয়। বায়ুর চাপ কমিলে স্ফুটনাঙ্ক কমে। বায়ুর চাপ বাড়িলে স্ফুটনাঙ্ক বাড়ে।

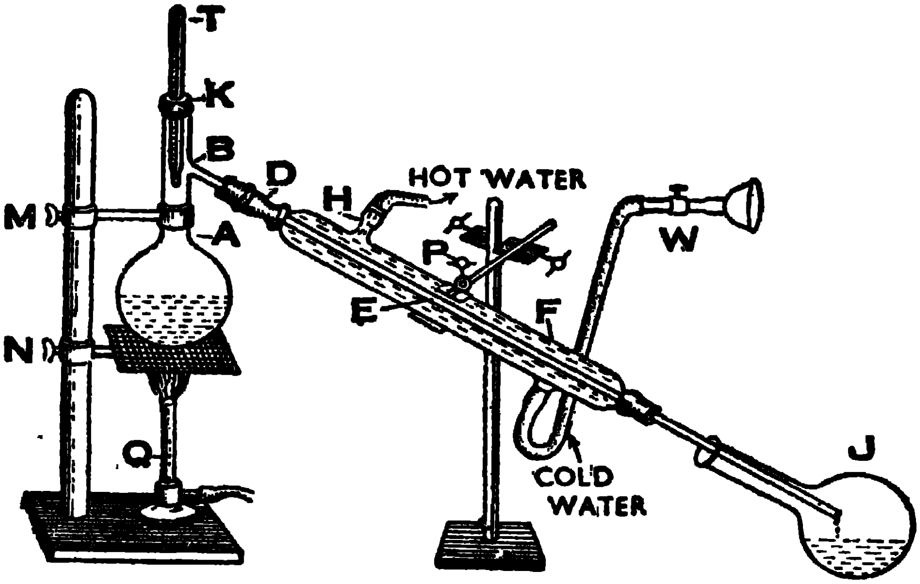
বাষ্পীভবন ও স্ফুটনের পার্থক্য : (i) বাষ্পীভবন মন্থর পদ্ধতি। ইহার হার উষ্ণতা-বৃদ্ধির সঙ্গে বাড়ে। স্ফুটন দ্রুত পদ্ধতি। (ii) বাষ্পীভবন তরলের কেবল উপরতল হইতে সম্পন্ন হয়। স্ফুটন একসঙ্গে তরলের সকল অংশ হইতে সম্পন্ন হইতে থাকে। (iii) বাষ্পীভবন সব উষ্ণতাতেই ঘটে। স্ফুটন কেবল একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতায় ঘটে।

পাতন (Distillation)

২৪। **পাতন : নীতি :** যে প্রক্রিয়ায় কোন তরলকে ফুটাইয়া বাষ্পীভূত করা যায় এবং সেই বাষ্পকে পুনরায় শীতল করিয়া তরলে পরিণত করা যায় তাহাকে **পাতন** বলে। সুতরাং **পাতন = বাষ্পীভবন + ঘনীভবন।**

পরীক্ষা (E) **: যন্ত্র :** এই যন্ত্রে একটি A পাতন-ফ্লাস্কের (distilling flask) B পার্শ্বনলের সহিত একটি কর্ক দিয়া একটি তির্যকভাবে অবস্থিত D শীতকের সংযোগ করা হয়। শীতকের মধ্যে একটি E দীর্ঘ কাচনল থাকে এবং E নলের চারিপাশ F মোটা কাচনল দিয়া ঘেরা থাকে। F ও E নলের মধ্যে কোন যোগ নাই। F নলের দুই প্রান্তের কাছাকাছি G ও H ছোট পার্শ্বনল

থাকে। নীচের নল আবার জলের কলের সঙ্গে রবার নল দিয়া যুক্ত থাকে। নীচের নল দিয়া W কল (tap) হইতে অনবরত ঠাণ্ডা জল F নলে ঢোকে এবং উপরের H নল দিয়া গরম জল বাহির হইয়া জল বাহির হইবার স্থানে (sink) পড়ে। E সরু নলটার ভিতর দিয়া বাষ্প যাইবার সময় বাষ্প চারিদিকে শীতল জলের জন্য জমিয়া তরলে পরিণত হয়। সেইজন্য F মোটা নলকে **শীতক** বা **ঘনীকারক** বলে। বৈজ্ঞানিক লিবিগ (Liebig) ইহা আবিষ্কার করিয়াছিলেন বলিয়া ইহাকে **লিবিগ শীতক** বলে। E নলের শেষপ্রান্ত J পাত্রের মধ্যে থাকে। J পাত্রকে **গ্রাহক** (receiver) বলে। গ্রাহকে বিশুদ্ধ তরল সঞ্চিত হয়। D শীতক P বন্ধনীর সাহায্যে আট্‌কানো থাকে। A ফ্লাস্কের মুখের K কর্কের মধ্যে দিয়া T থার্মোমিটার ঢোকানো হয়। A ফ্লাস্ককে বন্ধনী M-এর সাহায্যে একটি দণ্ডের সহিত আটকাইয়া তারজালির উপর বসানো থাকে।



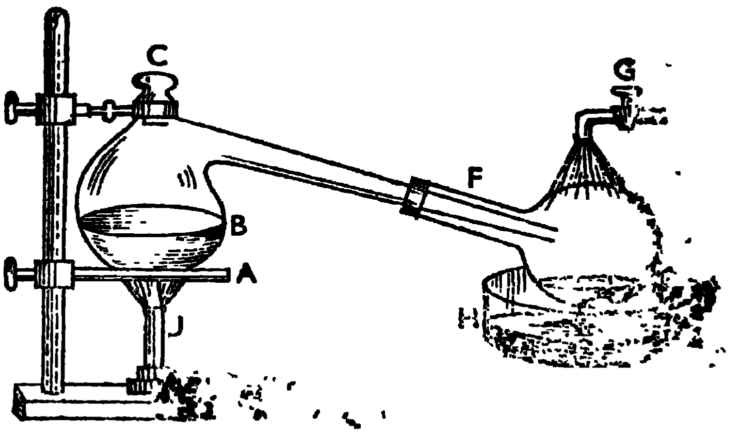
২৮নং চিত্র—পাতন ক্রিয়া

ক্রিয়া-পদ্ধতি ঃ পাতন ফ্লাস্কে অর্ধেক নদীর ঘোলা জল ও অর্ধেক চিনির জল লও। ইহাতে একটু তুঁতে মিশাইয়া দাও। জলের বর্ণ নীল হয়। T থার্মোমিটার এমনভাবে রাখ যাহাতে ইহার কুণ্ড (bulb) পার্শ্বনল Bর ঠিক নীচে থাকে ; কিন্তু জল হইতে উপরে থাকে। ফ্লাস্ককে Q বুনসেন দীপের শিখা দ্বারা গরম কর। কিছুক্ষণের মধ্যে দ্রবণ টগ্‌বগ্‌ করিয়া ফুটিতে থাকে। জল বাষ্পীভূত হয় কিন্তু তুঁতে, চিনি, ময়লা প্রভৃতি অনুদ্বায়ী দ্রব্য বাষ্পীভূত হয় না। জলের বাষ্প শীতকের E নলে ঢোকে। সেখানে E নলের

চারিপাশে ঠাণ্ডা জলের দ্বারা বাষ্প পুনরায় ঘনীভূত হইয়া বর্ণহীন জলরূপে ফোঁটা ফোঁটা করিয়া J গ্রাহকে সঞ্চিত হয়। এই তরলকে **পাতিত দ্রব্য** (distillate) বলে। ফ্লাস্কে চিনি, ময়লা, নীলবর্ণ তুঁতে পড়িয়া থাকে। ইহাকে **অবশেষ** (residue) বলে।

যতক্ষণ স্ফুটন-ক্রিয়া চলে ততক্ষণ স্ফুটনাঙ্ক এক থাকে।

পাতন-ক্রিয়া পাতন-ফ্লাস্কের পরিবর্তে বকযন্ত্রের (retort) দ্বারাও সম্পন্ন হইতে পারে। এই যন্ত্রে পাতন করিবার সময় কোন শীতক ব্যবহৃত হয় না। B বকযন্ত্রের গলাটা F গ্রাহকের মধ্যে প্রবেশ করানো থাকে। গ্রাহককে একটি H শীতল জলের পাত্রে আংশিক ডুবানো হয়। গ্রাহকের উপর G কল হইতে জল ঢালা হয়। গ্রাহককে অনেক সময় ভিজা ব্লটিংকাগজ দিয়া ঢাকিয়া দেওয়া হয়। উষ্ণ বাষ্প গ্রাহকে আসিয়া শীতল হইয়া ঘনীভূত হয়। যে-সব তরলের স্ফুটনাঙ্ক জলের স্ফুটনাঙ্ক অপেক্ষা অধিক তাহাদের পাতন এই যন্ত্র দিয়া সম্ভব হয়।



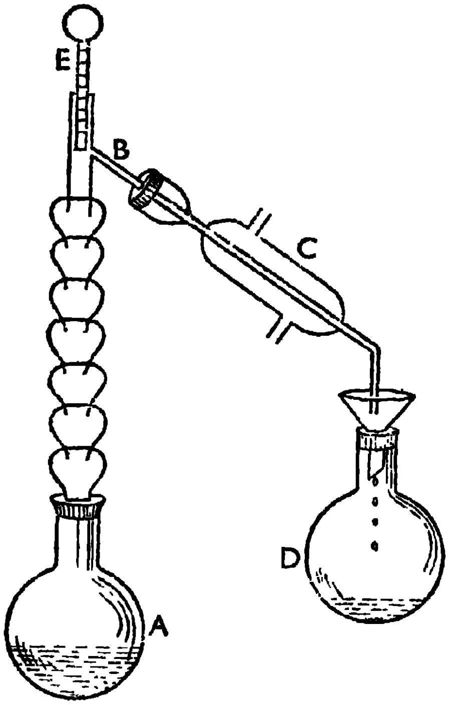
২৯নং চিত্র—বকযন্ত্রে পাতন ক্রিয়া

উপকারিতা : (ক) এই প্রক্রিয়ায় প্রলম্বিত বা দ্রবীভূত অনুদ্বায়ী (nonvolatile) কঠিন হইতে তরলকে পৃথক করা যায়। এই উপায়ে উদ্বায়ী কঠিনকে পৃথক করা যায় না।

(খ) এই উপায়ে কোন দ্রব্যের স্ফুটনাঙ্ক নির্ণয় করা যায়। স্ফুটনের সময় উষ্ণতা এক থাকে।

আংশিক পাতন (Fractional Distillation) : **তরলের পৃথকীকরণ**—বিভিন্ন স্ফুটনাঙ্কের তরলের মিশ্রণ হইতে বিভিন্ন উষ্ণতায় কয়েকবার পাতন ক্রিয়ার দ্বারা তরলগুলিকে পৃথক করা যায়। মনে

কর, একটি তরল-মিশ্রণে ইথার (ether) ও বেনজিন (benzene) আছে। ইথার 35°Cতে ও বেনজিন 80°Cতে ফোটে। দুই তরলের এই মিশ্রণকে ফ্লাস্কে লইয়া লিবিগ শীতকের সাহায্যে পাতিত করিলে 35°C উষ্ণতায় দুই তরলই একসঙ্গে বাষ্পীভূত হইবে কিন্তু বাষ্পে (সুতরাং গ্রাহকে পাতিত তরলে) ইথারের ভাগ বেশী এবং বেনজিনের ভাগ খুব কম থাকিবে। ফ্লাস্কে অবশেষ তরলে ইথারের ভাগ কম এবং বেনজিনের ভাগ বেশী থাকিবে। যখন উষ্ণতা 80°C-এর কাছাকাছি পৌছিবে তখন বেনজিন বাষ্পীভূত হইবে। এই সময়ে গ্রাহক বদলাইতে হয়।



০নং চিত্র—আংশিক পাতন প্রক্রিয়া

এইরূপে পাতিত তরলকে পুনরায় পর পর পাতন করিলে ইথার ও বেনজিনকে পৃথক করা যায়। এইরূপ পর্যায়ক্রমিক পাতন দ্বারা উদ্বায়ী তবলের পৃথকীকরণকে **আংশিক পাতন** বলে। আংশিক পাতনের জন্য বিশেষ রকমের ঘনক ব্যবহৃত হয়।

২৯নং চিত্রে একটি গোলতলা-বিশিষ্ট A ফ্লাস্কের সঙ্গে বিশেষ রকমের ঘনক যুক্ত আছে। এই ঘনকে অনেকগুলি বালব (1, 1....) পরস্পর যুক্ত থাকে। সকলের উপরে B পার্শ্বনলের সঙ্গে C লিবিগ শীতক যুক্ত থাকে। তরলের মিশ্রণের মধ্যে যেগুলির স্ফুটনাঙ্ক উচ্চ তাহারা বালবে পুনরায় ঘনীভূত হইয়া ফ্লাস্কে ফিরিয়া আসে। যে তরলের স্ফুটনাঙ্ক খুব কম তাহাই বাষ্পীভূত হইয়া লিবিগ শীতকে প্রবেশ করিয়া পুনরায় তরল হইয়া D গ্রাহকে জমে।

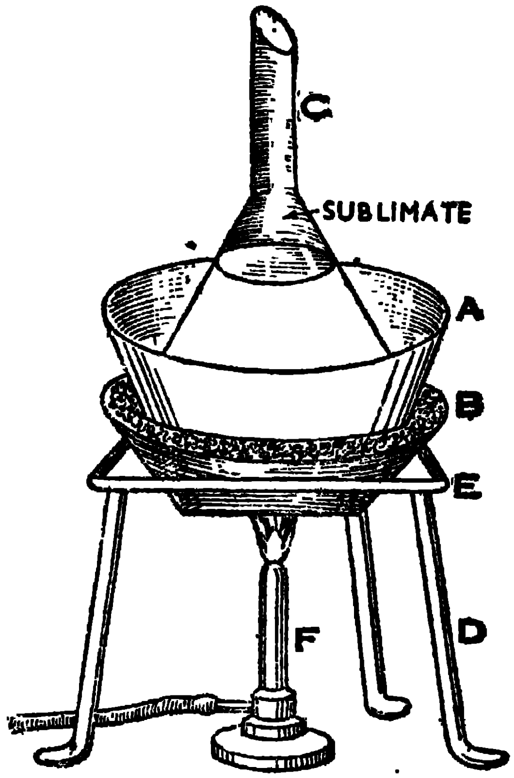
(গ) **কম চাপে পাতন** (Distillation under reduced pressure) ও **অণুপ্রেষ** (Vacuum) **পাতন:** সাধারণ চাপে স্ফুটনাঙ্কের কাছাকাছি অনেক বস্তু (গ্লিসারিন, হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড) বিশ্লিষ্ট (decomposed) হইয়া যায়। আমরা জানি, তরলের উপর চাপ কমাইলে স্ফুটনাঙ্ক কমিয়া যায় অর্থাৎ কম চাপে তরল কম উষ্ণতায় ফুটিতে থাকে। জলের স্ফুটনাঙ্ক সাধারণ বায়ুচাপে (76 সেঃ মিঃ) 100°C কিন্তু পাতন পাত্রের বায়ু বাহির

করিয়া চাপ কমাইলে উহা 100°Cএর নীচে ফুটিতে আরম্ভ করে। কোন ফ্লাস্কের সঙ্গে বাত-পাম্পের যোগ করিয়া পাম্প চালাইয়া তরলের উপর চাপ কমাইলে বা শূন্যতা উৎপন্ন করিলে কম উষ্ণতায় তরলের পাতন সম্পন্ন হয়।

দশম শ্রেণীর পুস্তকে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের অধ্যায়ে কম চাপে পাতনের যন্ত্র বর্ণিত হইয়াছে।

২৫। **অন্তর্ধূম পাতন** (Destructive or Dry Distillation): প্রায় বদ্ধ পাত্রে বায়ুর অনুপস্থিতিতে কোন কোন দ্রব্যকে উত্তপ্ত করিলে ইহা উদ্বায়ী ও অনুদ্বায়ী উপাদানে বিশ্লিষ্ট হয়। উদ্বায়ী উপাদানকে শীতল ও ঘনীভূত করিয়া অন্য পাত্রে সংগ্রহ করা হয়। এই প্রক্রিয়াকে **অন্তর্ধূম পাতন** বলে। কয়লা হইতে এই প্রক্রিয়ায় উদ্বায়ী কোলগ্যাস, আল্‌কাতরা, অ্যামোনিয়া এবং অনুদ্বায়ী কোককয়লা (coke), গ্যাসকারবন সংগ্রহ করা হয়। এই প্রণালীতে বায়ুর সহিত ক্রিয়ায় পদার্থের রাসায়নিক পরিবর্তন হওয়ার সম্ভাবনা থাকে। সেইজন্য বায়ুর সংযোগ বন্ধ করা হয়।

২৬। **ঊর্ধ্বপাতন** (Sublimation): **পরীক্ষা** (E): পোর্সিলেন খর্পর Aতে নিশাদল (sal-ammoniac) বা আয়োডিন বা কর্পূর বা ন্যাপথালিন ও কিছু বালি লও। খর্পরকে বালি-খোলা (sand-bat) Bতে রাখ। তেপায়া (tripod) Dর উপর বালি-খোলা রাখ। ফানেলের C প্রান্ত কাচের পশম (glass wool) দিয়া বন্ধ কর। ফানেলকে একটি সিক্ত কাগজ দ্বারা ঢাকিয়া দাও। বালি-খোলাকে F বুনসেন দীপে গরম কর। নিশাদল বা আয়োডিনের কেলাস (crystal) বা কর্পূর উৎক্ষিপ্ত (বাষ্পীভূত) হইয়া ফানেলের উপর দিকে পুনরায় কঠিন হইয়া জমে। খর্পরে শুধু বালি পড়িয়া থাকে। উদ্বায়ী কঠিনকে তাপ প্রয়োগে তরল না করিয়া একেবারে সরাসরি বাষ্পীভূত করিয়া বাষ্পকে পুনরায় শীতল করিয়া একই কঠিনে পরিণত করার



৩১নং চিত্র—ঊর্ধ্বপাতন প্রক্রিয়া

পদ্ধতিকে **ঊর্ধ্বপাতন** বলে। ঘনীভূত কঠিনকে **উৎক্ষেপ** (sublimate) বলে। কর্পূর প্রভৃতি পদার্থকে খালি পাত্রে রাখিতে নাই। এই প্রক্রিয়া দ্বারা উদ্বায়ী ও অনুদ্বায়ী কঠিনকে পৃথক করা যায়।

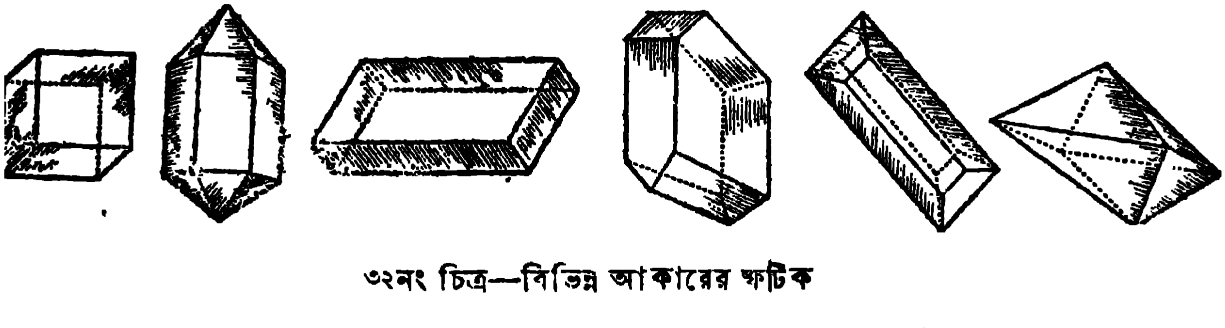
সব তরলের পাতন সম্ভব কিন্তু বিশেষ প্রকারের কয়েকটি কঠিনের ঊর্ধ্বপাতন সম্ভব।

২৭। * **অধঃক্ষেপন** (Precipitation) ঃ **পরীক্ষা** (E) ঃ একটি পরীক্ষানলে পরিষ্কার সাধারণ লবণের দ্রবণ লও। ইহাতে পরিষ্কার সিল্‌ভার নাইট্রেটের দ্রবণ মিশাও। অদ্রাব্য সিল্‌ভার ক্লোরাইড উৎপন্ন হইয়া পরীক্ষানলের তলায় জমিবে। গরম দুধে অ্যাসিড বা লেবুর রস দিয়া নাড়িলে ছানা অধঃক্ষিপ্ত হয়।

দুই বা ততোধিক পদার্থের (ইহাদের মধ্যে অন্ততঃ একটি দ্রবণে থাকিবে) মধ্যে পারস্পরিক রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে একটি নূতন অদ্রাব্য কঠিন পদার্থের পৃথকীকরণকে **অধঃক্ষেপণ** বলা হয়। পৃথক নূতন দ্রব্যকে **অধঃক্ষেপ** (precipitate) বলে।

কেলাসন (Crystallisation

২৮। **কেলাস** (Crystals) ঃ ফটকিরি, মিছরি ও তুঁতের দানা লক্ষ্য করিলে দেখিবে যে ইহাদের পিঠগুলি মসৃণ ও সমতল। অণুবীক্ষণ যন্ত্রে ইহাদের বিশিষ্ট আকার দেখা যায়। নির্দিষ্ট জ্যামিতিক আকারবিশিষ্ট সমতল পল



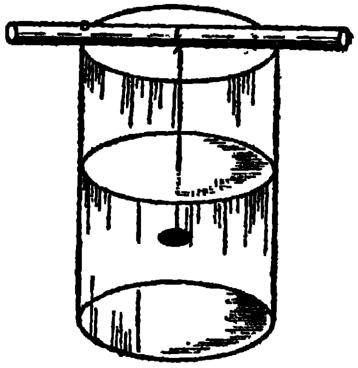
৩২নং চিত্র—বিভিন্ন আকারের স্ফটিক

(plane faces) দ্বারা সীমাবদ্ধ সমসত্ত্ব কঠিনকে **কেলাস** বা **স্ফটিক** বলে। দ্রবণ হইতে গঠনের সময় কঠিন এই আকার স্বতঃই প্রাপ্ত হয়। সাধারণ লবণের কেলাসের আকার ঘনক (cube) অর্থাৎ ছয়টি সমতল পল দ্বারা সীমাবদ্ধ। ফটকিরির দানা আটটি তলবিশিষ্ট। আকারহীন কঠিনকে **অনিয়তাকার**

(amorphous) কঠিন বলে, যথা কয়লা, চুন। সাধারণতঃ একটি পদার্থ একটি নির্দিষ্ট জ্যামিতিক আকারে কেলাসিত হয়, কিন্তু গন্ধক, কারবন দুই বা ততোধিক আকারে কেলাসিত হয়। ইহাদিগকে **দ্বিরূপ** (dimorphous), **ত্রিরূপ** (trimorphous) কেলাস বলে।

২৯। **কেলাসন** (Crystallisation) : কেলাস নিম্নলিখিত উপায়ে প্রস্তুত হয়। ৫ (৩)

(ক) গরম সংপৃক্ত (saturated) দ্রবণকে ধীরে ধীরে **শীতল করিয়া** কিংবা অসংপৃক্ত (unsaturated) দ্রবণকে **বাষ্পীভূত করিয়া** : একটি বীকারে খানিকটা জল লও। ইহাকে তারজালির উপরে বসাইয়া দীপের সাহায্যে গরম কর এবং সঙ্গে সঙ্গে চূর্ণ তুঁতে ইহাতে মিশাও এবং দ্রবণকে নাড়িতে থাক। এইভাবে তুঁতে মিশাইতে থাক যতক্ষণ না কিছু তুঁতে বীকারের তলায় পড়িয়া থাকে। এখন দ্রবণটি সংপৃক্ত হইল। উপর হইতে পরিষ্কার ও স্বচ্ছ উত্তপ্ত দ্রবণকে অন্য পাত্রে পরিস্রুত বা আস্রাবণ কর। এই সংপৃক্ত দ্রবণকে ধীরে ধীরে শীতল হইতে দিলে তুঁতের সুন্দর কেলাস পাওয়া যায়। তরলকে ঢালিয়া ফেল। এই তরলকে শেষ-দ্রব (mother liquor বলে। সংপৃক্ত দ্রবণে দ্রবের ক্ষুদ্র স্ফটিক সুতা দিয়া ঝুলাইয়া রাখিলেই ইহা ক্রমশঃ বড় হইয়া বৃহৎ স্ফটিকে পরিণত হয়।



৩৩নং চিত্র—
বৃহৎ দানা উৎপাদন

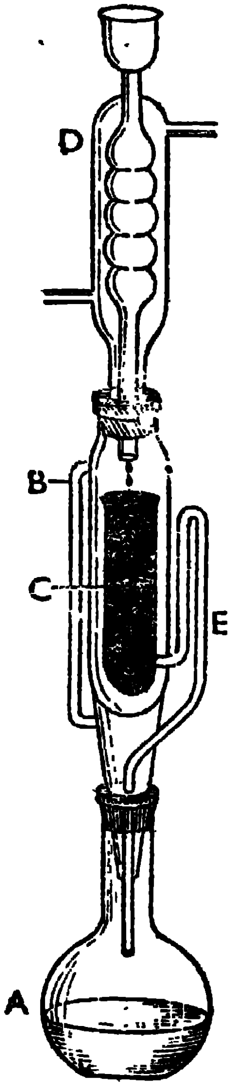
(খ) গলিত পদার্থকে **কঠিন করিয়া** : সাধারণ গন্ধককে খর্পরে তাপে গলাইয়া শীতল করিলে গন্ধকের উপর একটি সর পড়ে। সরকে ফুটা করিয়া অবশিষ্ট তরল গন্ধক অন্য পাত্রে ঢাল। সরের নীচে গন্ধকের স্ফটিক দেখা যায়।

(গ) **ঊর্ধ্বপাতন দ্বারা** : এই প্রক্রিয়ায় উদ্বায়ী আয়োডিন ও কর্পূরের কেলাস পাওয়া যায়। ৫ (১)

এই তিন উপায়ে সমস্বত্ব পদার্থ দ্রবণ, গলন বা বাষ্প হইতে স্বতঃই কঠিন হইবার সময় ইহার কণাগুলি একত্রে সংসক্ত (cohere) হইয়া জ্যামিতিক আকার ধারণ করে। এই প্রক্রিয়াকে **কেলাসন** বলে।

৩০। **কেলাসনের উপকারিতা : কঠিনের শোধন** (Purification) নিম্নলিখিত দুই উপায়ে সাধিত হয়। (১) **পুনঃ-কেলাসন** (Recrystallisation) : কেলাসিত (crystalline) দ্রব্য ও অন্য মিশ্রিত পদার্থের অধিক সংপৃক্ত (highly saturated) দ্রবণকে প্রস্তুত করিয়াই তাড়াতাড়ি ছাঁকিয়া শীতল হইতে দিলে বিশুদ্ধ কেলাস পাওয়া যায়।

✱ (২) **আংশিক কেলাসন** : দুইটি পদার্থের মিশ্রণের (যথা, সাদা পটাসিয়াম নাইট্রেট ও নীল কপার নাইট্রেট) গরম সংপৃক্ত দ্রবণকে ঠাণ্ডা হইতে দিলে প্রথমে সাদা পটাসিয়াম নাইট্রেটের কেলাস বাহির হয়। কেলাসকে পৃথক কর। সামান্য জল দিয়া কেলাসকে ধুইয়া ফেল। শেষদ্রবকে আরও ঠাণ্ডা করিলে নীল কপার নাইট্রেটের কেলাস পাওয়া যায়। দুইটি পদার্থের দ্রাব্যতার পার্থক্য বেশী হইলে ইহাদিগকে এই উপায়ে পৃথক করা যায়।



৩৪নং চিত্র—
সক্সলেট যন্ত্র

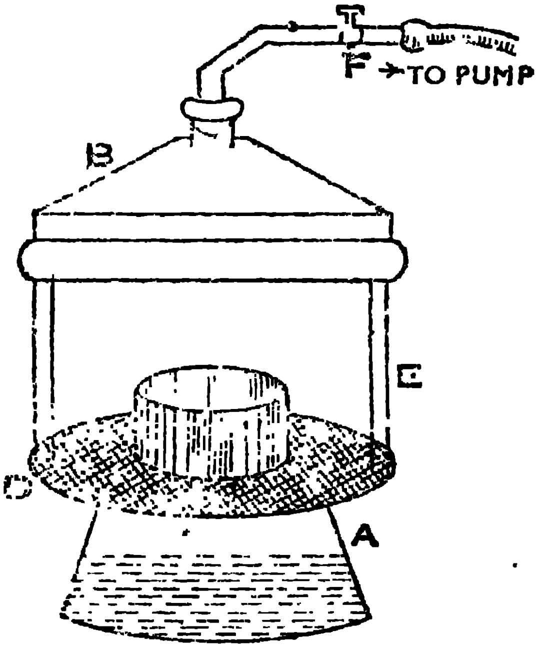
✱ ৩১। **নিষ্কাশন** (Extraction) **পদ্ধতি** : তরলের দ্বারা মিশ্রণের একটি উপাদানকে দ্রবীভূত করিয়া নিষ্কাশিত করা যায়। লোহা ও গন্ধকের মিশ্রণকে একটি পাত্রে রাখ। ইহাতে কিছু কারবন ডাই-সালফাইড (Carbon Di-sulphide) দিয়া ভালরূপ নাড়। গন্ধক কারবন ডাই-সালফাইডে দ্রবীভূত হয়। লোহা ইহাতে অদ্রাব্য। পাত্রের সমস্ত বস্তুগুলিকে পরিস্রুত কর। নিম্নের পাত্রে কারবন ডাই-সালফাইডে গন্ধকের দ্রবণ চলিয়া যায়। ফিল্টার কাগজে লোহা পড়িয়া থাকে। গন্ধকের দ্রবণকে সাবধানে বাতাস দিয়া বাষ্পীভূত করিলে পাত্রে গন্ধক পড়িয়া থাকে। এই পরীক্ষায় তরল কারবন ডাই-সালফাইড দ্বারা কঠিন গন্ধককে নিষ্কাশিত করা হইল। চা-পাতা গরম জলে ভিজাইয়া চা-নির্যাস বাহির করা হয়। কবিরাজিতে গাছ-গাছড়া জলে সিদ্ধ করিয়া **পাঁচন** তৈয়ারী হয়।

সক্সলেট যন্ত্র (Soxhlet apparatus) দ্বারা নিষ্কাশন-কার্য সম্পাদিত হয়। এই যন্ত্র তিন অংশে বিভক্ত, যথা, (i) নিম্নে গ্রাহক-ফ্লাস্ক A তে দ্রাবক (solvent) থাকে; (ii) মধ্যে নিষ্কাশক (extractor) Bতে একটি Cপাত্রে দ্রাব (solute) থাকে; (iii); উপরে শীতক (condenser) থাকে। যখন A ফ্লাস্কের দ্রাবক গরম করা হয় তখন ইহার উষ্ণ বাষ্প E সাইফন (siphon) পথে নিষ্কাশকের

ভিতর দিয়া শীতকে পৌছাইয়া তরল হইয়া ফোঁটা ফোঁটা করিয়া C পাত্রের দ্রাবে পড়ে। C পাত্র দ্রাবকে ভর্তি হইলে দ্রাবক সাইফন-প্রক্রিয়ায় গ্রাহক-ফ্লাস্কে চলিয়া যায়। দ্রাবকের সঙ্গে কিছু নিষ্কাশিত পদার্থও যায়। এইরূপে দ্রাবক কয়েকবার দ্রাবের সহিত মিশিলে সমস্ত দ্রাব্য পদার্থ নিষ্কাশিত হইয়া A ফ্লাস্কে আসে।

পৃথিকীকরণ ফানেল দ্বারাও নিষ্কাশন করা যায়ঃ—এইরূপ ফানেলে আয়োডিনের পটাসিয়াম আয়োডাইডযুক্ত জলীয় দ্রবণ ঢাল। ইহাতে সম-আয়তন ইথার মিশাও। ফানেলের ছিপি বন্ধ করিয়া ঝাঁকাও। ফানেল স্থিরভাবে রাখ। দেখ, ইথার জলের মধ্য হইতে আয়োডিন টানিয়া দ্রবীভূত করিয়াছে। ইথার জলে মিশে না। ইহারা দুইটি স্তরে ভাগ হয়। ইথারের চেয়ে ভারী বলিয়া জলের স্তর নীচে থাকে। নীচের ছিপি ঘুরাইয়া জল ফেলিয়া দাও। তৎপরে ইথার-আয়োডিন দ্রবণ একটি পাত্রে লও। ইথার উপিয়া যাইবে। পাত্রে আয়োডিন পড়িয়া থাকিবে।

৩২। **শুষ্ককরণ** (Desiccation): কোন দ্রব্যকে আর্দ্রতাশূন্য (moistureless) করার পদ্ধতিকে **শুষ্ককরণ** বলে।



৩৫নং চিত্র—শোধকাধার

নিম্নলিখিত উপায়ে কোন দ্রব্যকে শুষ্ক করা হয়ঃ—

(i) **শোষকাধার** (Desiccator)

(ক) **কঠিনের শুষ্ককরণ**—সাধারণ উষ্ণতায় এই উপায়ে কঠিনকে শুষ্ক করা হয়।

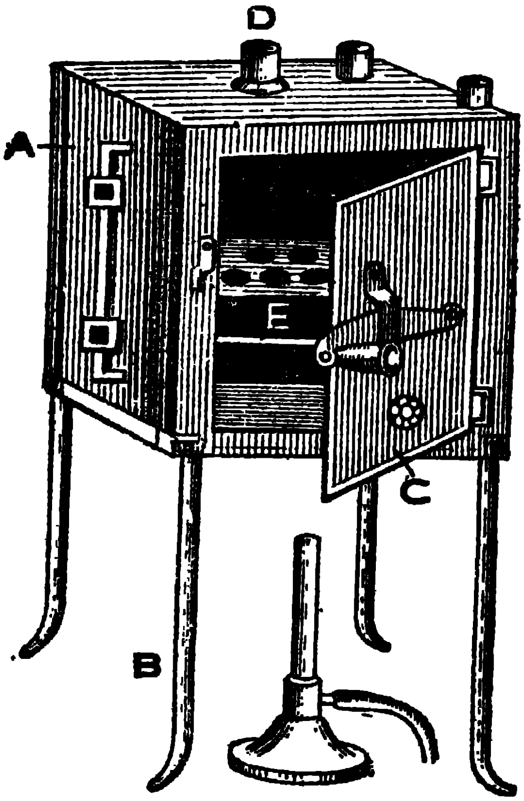
যন্ত্রঃ শোষকাধার একটি বায়ু-নিরুদ্ধ পুরু-প্রাচীর-বিশিষ্ট কাঁচের E পাত্র। পাত্রের মাঝখানটা (A) একটু সঙ্কুচিত থাকে। ইহাতে পাত্র দুইটি প্রকোষ্ঠে (E ও A) বিভক্ত হয়। পাত্রের উপরধার ঘষা (ground) হয়। এই ঘষা ধারের উপর ভেসলিন লাগাইয়া B ঢাকনাটি (lid) বসানো হয়। নিম্নে প্রকোষ্ঠের ভিতরের তলায় শুষ্ককরণ দ্রব্য (desiccating agent), যথা—গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড বা অনার্দ্র (anhydrous) ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড

রাখা হয়। উপরের E প্রকোষ্ঠের নীচের তলায় একটি ছিদ্রযুক্ত গোলাকার দস্তা বা পোর্সিলেন চাকতি (Disc-D) রাখা হয়। চাকতির উপর শুষ্ককরণের দ্রব্য থাকে।

যন্ত্রের কার্য : (ক) ইহা কোন আর্দ্র পদার্থকে শুষ্ক করে। (খ) ইহা কোন শুষ্ক পদার্থকে বায়ুমণ্ডলের জলীয় বাষ্পের সংস্পর্শে আসিতে দেয় না। (গ) জলাকর্ষী (hygroscopic) দ্রব্যকে তাপে শুকাইবার পরে যন্ত্রের ভিতর রাখা হয়। (ঘ) কোন গরম পাত্রকে যেমন মুষা (crucible) শীতল করিবার জন্য শোষকাধারে রাখা হয়।

যে সকল দ্রব্য উত্তাপে বিশ্লিষ্ট হয় তাহাদিগকে সাধারণ উষ্ণতায় শোষকাধারে শুষ্ক করা হয়। প্রথমে যে কোন দ্রব্যকে ব্লটিং কাগজে মোটামুটি শুষ্ক করা যাইতে পারে।

(ii) **স্টীম প্রকোষ্ঠ** (Steam Oven) : এই যন্ত্রে 100°C উষ্ণতায় কঠিন শুষ্ক করা হয়। যন্ত্রটি একটি দুই-প্রাচীর-বিশিষ্ট তামার পাত্র A। পাত্রের নীচে চারিটি পা B, ধারে একটি দরজা C থাকে। উপরে একটি ছিদ্র D দিয়া দুই প্রাচীরের মাঝখানে $\frac{1}{3}$ অংশ জায়গায় জল ঢালা হয়। বুন্‌সেন শিখা দ্বারা জল গরম করা হয়। পাত্রের ভিতরে মাঝখানে একটি ছিদ্রযুক্ত তামার পাত (Shelf-E) থাকে। জল ফুটিতে থাকিলে জলের উপরে ফাঁপা খালি জায়গা স্টীমে পূর্ণ হয়। সুতরাং পাত্রের ভিতরের উষ্ণতা 100°C।

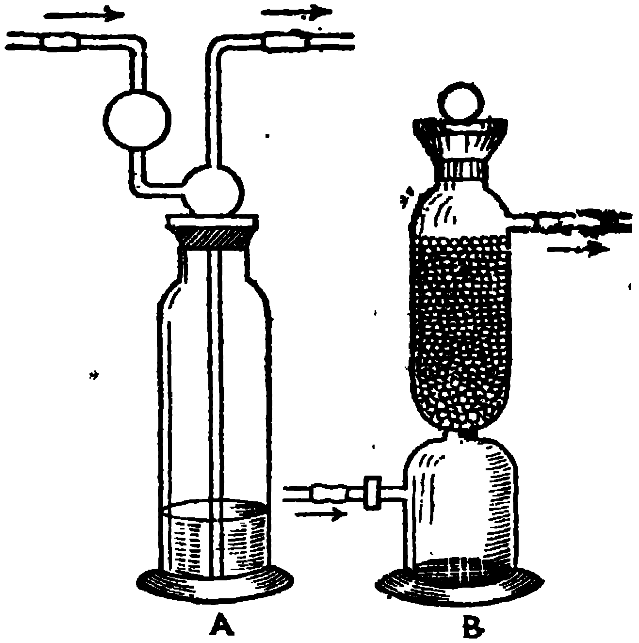


৩৬নং চিত্র—স্টীম-প্রকোষ্ঠ

(iii) **বায়ু-চুল্লী** (Air-Oven) : ইহা স্টীম-প্রকোষ্ঠের মত ; কেবল ইহার দুইটি প্রাচীর নাই। একটি থার্মোমিটার দ্বারা উষ্ণতা দেখা হয়। 100°C উষ্ণতার উপরে কোন দ্রব্যকে এই যন্ত্র দিয়া শুষ্ক করা যায়।

দ্রষ্টব্য : ফস্‌ফরাস পেন্‌টক্সাইড (P_2O_5), কলিচুন (quicklime), অনার্দ্র (fused) জিঙ্ক ক্লোরাইড ($ZnCl_2$), অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ($CaCl_2$), কঠিন কস্টিক সোডা বা কস্টিক পটাস, গাঢ় সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড প্রভৃতি শুষ্ককরণ দ্রব্য। শুষ্ককরণ দ্রব্যের নির্বাচন শুষ্ক করিবার দ্রব্যের রাসায়নিক প্রকৃতির উপর নির্ভর করে। সাধারণতঃ আম্লিক দ্রব্য দ্বারা আম্লিক দ্রব্য এবং ক্ষারকীয় দ্রব্য দ্বারা ক্ষারকীয় দ্রব্য শুষ্ক করা হয়।

(খ) গ্যাসের ও তরলের শুষ্ককরণ : গ্যাসকে শুষ্ককরণ দ্রব্যের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করাইয়া এবং তরলকে শুষ্ককরণ দ্রব্যের সংস্পর্শে নাড়িয়া শুষ্ক করা হয়। অবশ্য দেখিতে হইবে যে, ইহাদের মধ্যে কোন রাসায়নিক ক্রিয়া না হয়। গ্যাসকে শুষ্ক করিতে দুইটি যন্ত্র ব্যবহৃত হয়। প্রত্যেক যন্ত্রে একটি পথ দিয়া গ্যাস ঢোকে এবং অন্য পথ দিয়া গ্যাস বাহির হয়। A যন্ত্রে তরল শুষ্ককরণ দ্রব্য, যথা, গাঢ় সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড থাকে। এই যন্ত্রকে **গ্যাস-বুদ্‌বুদক** (Bubbler) বলে। B যন্ত্রে কঠিন শুষ্ককরণ দ্রব্য থাকে। ইহাকে **গ্যাসস্তম্ভ** (tower) বলে। বুদ্‌বুদকে তরল শোষকের মধ্য দিয়া গ্যাস বুদ্‌বুদের আকারে অতিক্রম করে বলিয়া ইহা ভালভাবে শুষ্ক হয়। অনেক সময় কোন যন্ত্রে যাহাতে কারবন ডাই-অক্‌সাইড বা জলীয় বাষ্প প্রবেশ করিতে না পারে সেই উদ্দেশ্যে যন্ত্রের সহিত প্রহরী-নল (guard tube) যুক্ত থাকে। ইহাতে সোডা-লাইম (soda-lime) থাকে। ইহা জলীয় বাষ্প ও কার্বন ডাই-অক্সাইড শোষণ করিয়া লয়।



৩৭নং চিত্র—A-গ্যাস বুদ্‌বুদক, B-গ্যাসস্তম্ভ

৩৩। সাধারণ পরীক্ষাগার প্রণালীর প্রয়োগ :

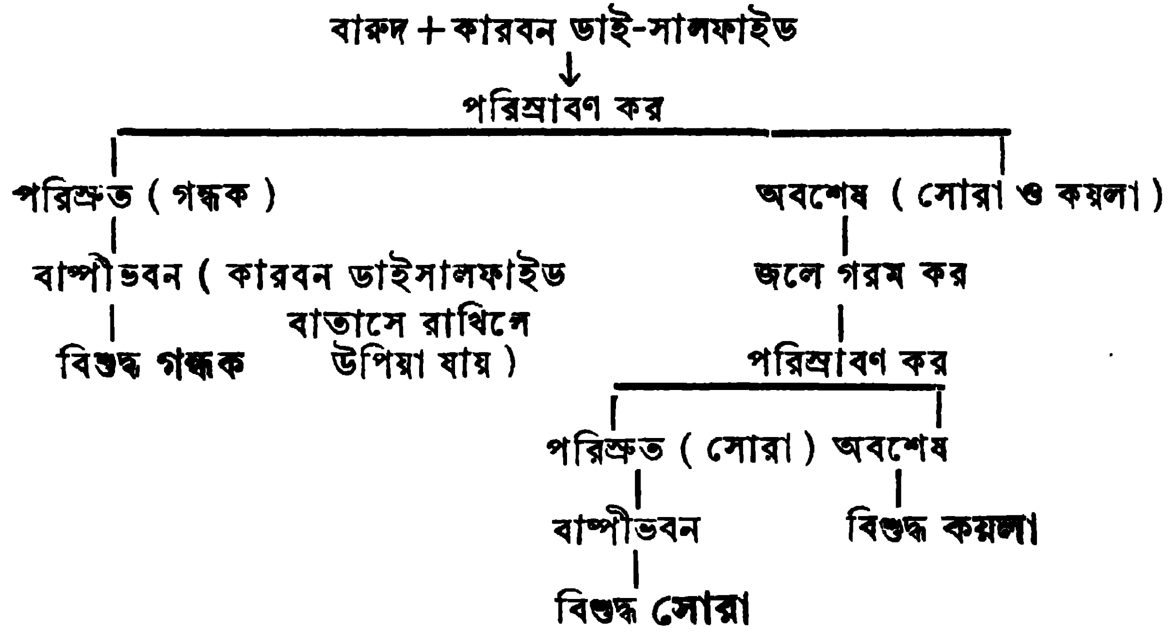
(১) কঠিন হইতে কঠিনের পৃথকীকরণ : **(ক) হাত দিয়া বাছিয়া** (hand-picking) ও **চালুনির** (sieve) **দ্বারা চালিয়া** মোটা, কেলাসিত

ও রঙিন কণা হইতে সূক্ষ্ম অনিয়তাকার ও বর্ণহীন কণা পৃথক করা যায়। সুজির দানার সহিত অন্য পদার্থ মিশ্রিত থাকিলে চালুনি দিয়া ছাঁকিয়া সুজি পৃথক করা সম্ভব। (খ) **বাতাস দিয়া** (winnowing) হাল্‌কা পদার্থকে ভারী পদার্থ হইতে পৃথক করা যায়। কুলোয় ঝাড়িয়া চালের বা ডালের খোসা হইতে ভারী চাল বা ডাল পৃথক করা যায়। (গ) **চুম্বক দ্বারা** চৌম্বক পদার্থ হইতে অচৌম্বক পদার্থ, যথা, লৌহ হইতে গন্ধককে পৃথক করা যায়। মিশ্রণে চুম্বক দ্বারা লোহা আকৃষ্ট হইবে, গন্ধক পড়িয়া থাকিবে। (ঘ) জল দ্বারা **ধুইয়া** জলের চেয়ে হাল্‌কা পদার্থ হইতে জলের চেয়ে ভারী পদার্থ, যথা কর্ক ও বালি হইতে কর্ক এবং বালি ও কাদা হইতে সোনা পৃথক করা যায়। (ঙ) **গলাইয়া :** সহজে গলনযোগ্য দ্রব্য গন্ধক, টিন, সীসা হইতে অন্য দ্রব্য, যথা, বালি পৃথক করা যায়। বালির সহিত সীসার গুঁড়া মিশ্রিত থাকিলে ঢালু জায়গায় রাখিয়া উহাদিগকে গরম করিলে সীসার গলনাঙ্ক কম বলিয়া সীসা গলিয়া গড়াইয়া যাইবে, বালি পড়িয়া থাকিবে। (চ) **ভাসাইয়া :** বালি ও জিঙ্ক ব্লেণ্ডি (zinc blende) জলে ফেলিয়া একটু ইউক্যালিপটাস্ তৈল মিশাইয়া বায়ু দ্বারা নাড়িলে বালি ডুবিয়া যায়, জিঙ্ক ব্লেণ্ডি ফেনার সহিত ভাসে ; ইহাদিগকে আস্রাবণ করিয়া পৃথক করা যায়। পোড়া (calcined) চুন জলে ফেলিয়া নাড়িলে চুনের সূক্ষ্ম কণা হাল্‌কা বলিয়া জলে ভাসে এবং পাথর, কাঁকর প্রভৃতি ভারী বলিয়া জলের নীচে পড়িয়া থাকে। চুনের জলকে আস্রাবণ করিলে ইহাদিগকে পৃথক করা যায়। (ছ) **তড়িৎ দ্বারা** রেড লেড ও গন্ধক পৃথক করা যায়। (জ) **তড়িৎ-চুম্বক দ্বারা** টিনস্টোন ও উলফ্রাম পৃথক করা যায়। (ঝ) **উপযুক্ত দ্রাবক দ্বারা : বারুদ** (gunpowder) কয়লা, শোরা (পটাসিয়াম নাইট্রেট) ও গন্ধকের মিশ্রণ।

পরীক্ষা (E) : বারুদকে বীকারে লইয়া অনেকটা কারবন ডাই-সাল্‌ফাইড ঢালিয়া দণ্ড দিয়া ভাল করিয়া নাড়। গন্ধক কারবন ডাই-সাল্‌ফাইডে দ্রবীভূত হইবে। সমস্তটা ছাঁকিয়া ফেল। (১) পরিস্রুতকে বাতাসে রাখিলে কারবন ডাই-সাল্‌ফাইড উপিয়া যাইবে। গন্ধক পাত্রে পড়িয়া থাকিবে। (২) অবশেষ (residue) ভাল করিয়া দুই বার কারবন ডাই-সাল্‌ফাইডে নাড়িয়া দুইবার ছাঁকিয়া লও। ইহাতে সবটা গন্ধক দ্রবীভূত হইবে। এখন অবশেষকে গরম জলে ভাল করিয়া নাড়। শোরা জলে দ্রবীভূত হইবে। সমস্তটা ছাঁকিয়া ফেল। পরিস্রুতকে বাষ্পীভূত করিলে জল উপিয়া

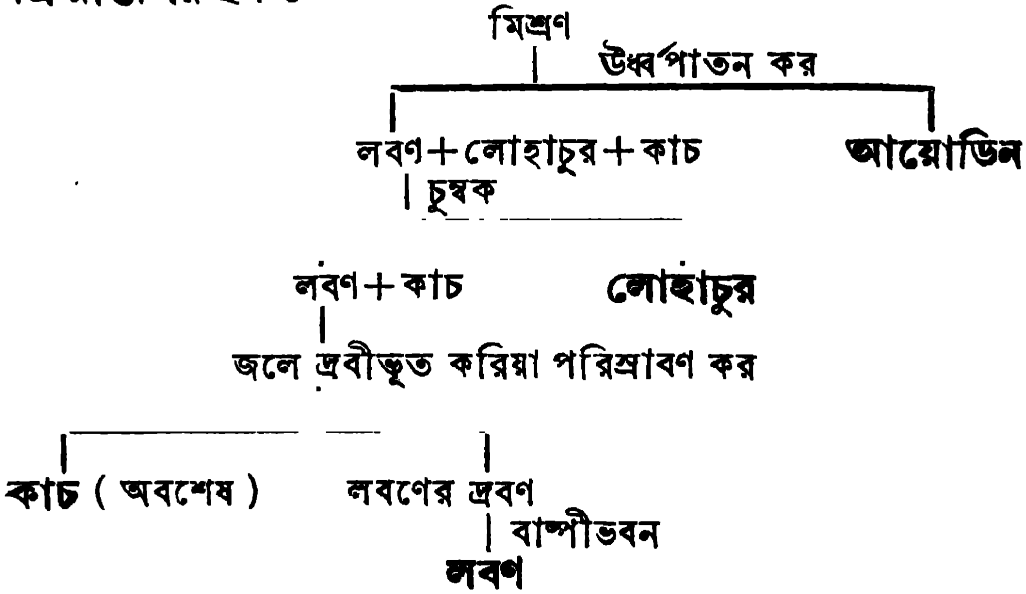
যাইবে। **শোরা** পড়িয়া থাকিবে। (৩) ফিল্টার কাগজে **কয়লা** অবশেষ থাকিবে। এইরূপে কয়লা, শোরা ও গন্ধক পৃথক করা যায়।

ক্রিয়াগুলির ছক :—



(ঙ) **ঊর্ধ্বপাতন দ্বারা : পরীক্ষা** (E) : আয়োডিন, লবণ, লোহাচুর ও কাচের গুড়ার মিশ্রণ বকযন্ত্রে (retort) উত্তপ্ত কর। **আয়োডিন** উৎক্ষিপ্ত হইয়া বকযন্ত্রের গলায় ও গ্রাহকে জমে। বকযন্ত্রে অবশেষ লোহাচুর, কাচের গুঁড়া ও লবণ পড়িয়া থাকে। মিশ্রণকে কাগজে ঢালিয়া মিশ্রণের উপর চুম্বক লইলে লোহাচুর চুম্বক দ্বারা আকৃষ্ট হয়। অবশেষ কাচের গুঁড়া ও লবণকে বীকারে লইয়া জল ঢাল। ভাল করিয়া নাড়। লবণ জলে দ্রবীভূত হয়। দ্রবণকে ফিল্টার কর। পরিস্রুতে লবণ থাকে। ইহাকে বাষ্পীভূত করিলে **লবণ** পাওয়া যায়। ফিল্টার কাগজে অবশেষ **কাচ** থাকে।

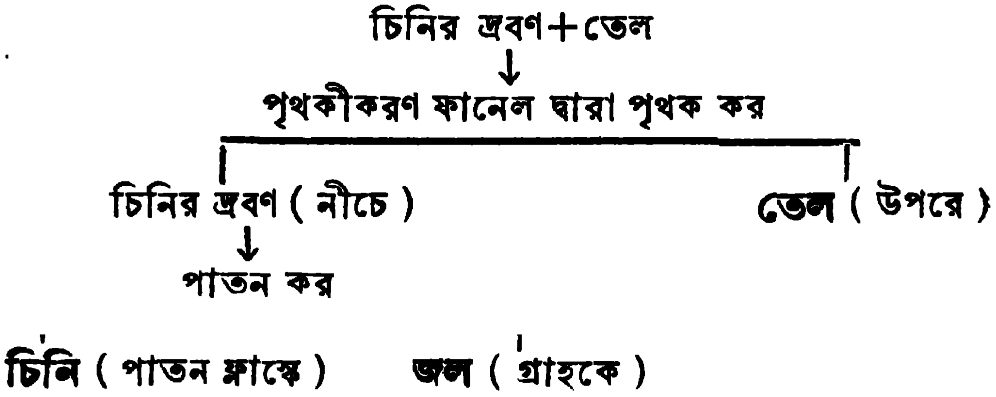
ক্রিয়াগুলির ছক :—



(ট) **পাতন দ্বারা** উদ্বায়ী কঠিন হইতে অনুদ্বায়ী কঠিন যথা, আয়োডিন ও বালি পৃথক করা যায়।

(২) **তরল হইতে তরলের পৃথকীকরণ** আংশিক পাতন, পৃথকীকরণ (separating) ফানেল, তরলের ঘনীভবনের (freezing) বা বাষ্পীভবনের দ্বারা সম্পন্ন হয়।

পরীক্ষা : তেলের মধ্যে চিনির দ্রবণ মিশাইয়া দেওয়া আছে। তেল, জল ও চিনি পৃথক কর।



(৩) **গ্যাস হইতে গ্যাসের পৃথকীকরণ :** (ক) **উপযুক্ত দ্রাবকে দ্রবীভূত করিয়া** ; যথা (i) নাইট্রিক অক্সাইড ও নাইট্রোজেনের মিশ্রণ ফেরাস সাল্‌ফেটের (Ferrous sulphate) দ্রবণের মধ্য দিয়া অতিক্রম করাইলে নাইট্রিক অক্সাইড ফেরাস সাল্‌ফেটে দ্রবীভূত হয়। নাইট্রোজেন হয় না। ফেরাস সাল্‌ফেট দ্রবণকে গরম করিলে পুনরায় নাইট্রিক অক্সাইড পাওয়া যায়। (ii) মিশ্রণ—অ্যামোনিয়া ও অক্সিজেন, দ্রাবক জল ; জলে অ্যামোনিয়া দ্রবীভূত হয়।

(খ) **রাসায়নিক ক্রিয়া : বিশোষক** (absorbent) এরূপ নির্বাচন করা হয় যাহাতে মিশ্রণের একটি বা দুইটি উপাদান বিশোষকের সঙ্গে রাসায়নিকভাবে ক্রিয়া করে ; যথা, কারবন মনোক্সাইড গ্যাস অ্যামোনিয়াযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইডের দ্রবণের সহিত ক্রিয়া করিয়া শোষিত হয়।

৩৪। **পদার্থের বিশুদ্ধতা পরীক্ষা :** কঠিনের গলনাঙ্ক দ্বারা, তরলের স্ফুটনাঙ্ক দ্বারা এবং গ্যাসের ঘনাঙ্ক দ্বারা বিশুদ্ধতা পরীক্ষা করা হয়।

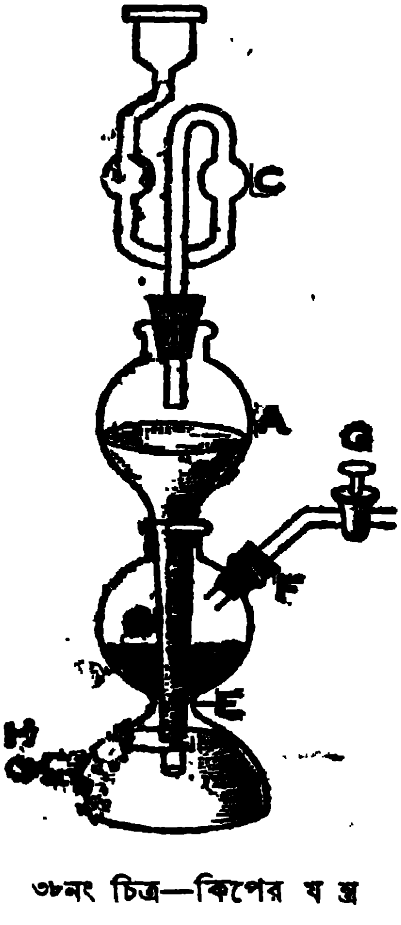
পদার্থ মিশানো থাকিলে কঠিনের গলনাঙ্ক কমিয়া এবং তরলের স্ফুটনাঙ্ক বাড়িয়া যায়।

৩৫। **গ্যাস-উৎপাদক যন্ত্র :** (Gas Generating Apparatus) :

গ্যাস উৎপাদনে নিম্নলিখিত যন্ত্র ব্যবহৃত হয় :—(ক) যখন একটি তরল কোন কঠিনের উপর বিনা তাপ-প্রয়োগে ক্রিয়া করে তখন একটি দুই-গলা (neck)-বিশিষ্ট Woulf বোতল Aর সঙ্গে একটি নির্গমনল (delivery tube) B ও দীর্ঘনল (thistle) ফানেল C জুড়িয়া ব্যবহার করা হয়। হাইড্রোজেন, কারবন ডাই-অক্সাইড গ্যাস এই যন্ত্রে প্রস্তুত করা হয়। ইহাদের বিবরণ পরে দেওয়া হইয়াছে।

(খ) **কিপের যন্ত্র** (Kipp's Apparatus) : যখন পরীক্ষাগারে মাঝে মাঝে হঠাৎ এমন গ্যাস প্রয়োজন হয় যাহা বিনা তাপ-প্রয়োগে প্রস্তুত হয় তখন এই যন্ত্র ব্যবহার করা হয়।

যন্ত্র : যন্ত্রের উপরিভাগে একটি দীর্ঘ নল (stem) B-বিশিষ্ট বড় কাঁচের গ্লোব A থাকে এবং নিম্নভাগে দুইটি কাঁচ গ্লোব থাকে। নীচের দুই গ্লোব সরু-গলা E দ্বারা যুক্ত থাকে। নীচের গ্লোবের তলা সমতল। B নল মাঝের গ্লোবের মুখে বায়ু-নিরুদ্ধভাবে বসে। B নলের শেষ ভাগ নীচের গ্লোবের প্রায় তলা পর্যন্ত পৌছায়। মাঝের গ্লোবের গায়ে একটি ছিদ্রে রবারের ছিপি Fএর মধ্য দিয়া কাঁচের স্টপ-কক G ঢোকানো থাকে। নীচের গ্লোবের নীচের দিকে একটি নির্গমপথ H থাকে। A গ্লোবের মুখে বাঁকানো ফানেল C থাকে।



৩৮নং চিত্র—কিপের যন্ত্র

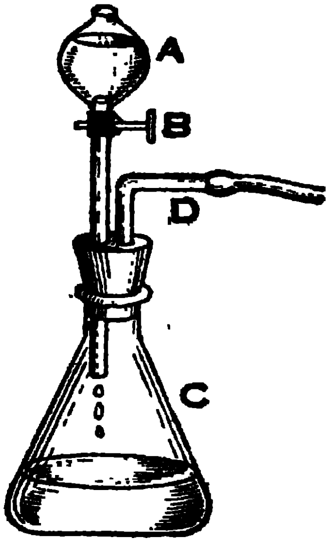
কার্যপদ্ধতি : মনে কর, হাইড্রোজেন সালফাইড (H_2S) গ্যাস প্রস্তুত করিতে হইবে। F ছিপি সরাইয়া কঠিন ফেরাস সালফাইডকে (FeS) মাঝের গ্লোবে রাখ। স্টপ-কক G খোল। A গ্লোবে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড HCl ঢাল। প্রথমে অ্যাসিড নীচের গ্লোব ভর্তিকরিয়া পরে E গলা দিয়া উঠিয়া মাঝের গ্লোবে যায় এবং FeSএর সঙ্গে ক্রিয়া করে। ইহাতে H_2S গ্যাস উৎপন্ন হইয়া স্টপ-কক দিয়া বাহির হয়। গ্যাস দরকার না হইলে স্টপ-কক বন্ধ কর। মাঝের গ্লোবে গ্যাস জমা হয় এবং গ্যাসের চাপ বাড়ে। বর্ধিত গ্যাস-চাপ মাঝের গ্লোব হইতে HCl অ্যাসিড নীচের গ্লোবে এবং

তথা হইতে B নল দিয়া A গ্লোবে ঠেলিয়া তুলিয়া দেয়। FeSএর সংস্পর্শে কোন অ্যাসিড না থাকায় আর H_2S উৎপন্ন হয় না। গ্যাসের দরকার হইলে স্টপ-কক খুলিতে হয়। ইহাতে মাঝের গ্লোবে চাপ-হ্রাস হয় এবং HCl অ্যাসিড এই গ্লোবে ঢোকে।

(গ) একটি ক্রিয়াশীল পদার্থ তরল হইলে এবং তাপ প্রয়োগের দরকার হইলে দীর্ঘনল ও নির্গম-নলযুক্ত **ফ্লাস্ক** ব্যবহৃত হয়, যথা—N_2, Cl_2, HCl, SO_2 গ্যাস এইরূপে প্রস্তুত হয়।

(ঘ) ক্রিয়াশীল কঠিন পদার্থগুলিকে উচ্চ উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিতে হইলে শক্ত কাচনল, ধাতব বকযন্ত্র বা ফ্লাস্ক ব্যবহার করিতে হয়, যথা,—অক্সিজেন (O_2), অ্যামোনিয়া (NH_3) প্রস্তুতে এইরূপ যন্ত্র ব্যবহৃত হয়।

(ঙ) অনেক সময় বকযন্ত্রে পাতন ও ঊর্ধ্বপাতন পদ্ধতিতে গ্যাস, কঠিন বা তরল উৎপন্ন হয়; যথা ব্রোমিন, আয়োডিন।



৩৯নং চিত্র—বিন্দুপাতন ফানেল

(চ) কতকগুলি গ্যাস বিন্দুপাতন-ফানেল (dropping funnel) A-যুক্ত D নির্গম-নলযুক্ত শাঙ্কব (conical) ফ্লাস্কে (C) বিনা তাপে প্রস্তুত হয়। B স্টপ-কক দিয়া তরলের পরিমাণ নিয়ন্ত্রিত করা হয়; যথা—হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড এইরূপে প্রস্তুত হয়।

৩৬। **গ্যাস-সংগ্রহ** (Gas Collection): কাচের গ্যাস-জারে (gas jar) গ্যাস সংগ্রহ করা হয়। গ্যাস-জারের মুখে গোল কাচের ঢাকনি থাকে। গ্যাস-উৎপাদক যন্ত্র হইতে নির্গমনল দিয়া গ্যাস-জারে নিম্নলিখিত উপায়ে গ্যাস সংগ্রহ করা হয়:—

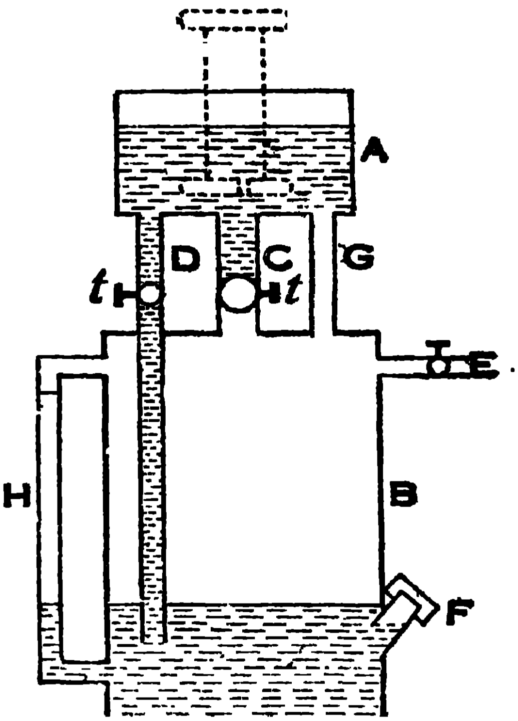
(ক) **জলের ভ্রংশ বা অপসারণ** (hisplacement) **দ্বারা**: জলপূর্ণ গ্যাস-জার গ্যাস-দ্রোণীতে (hneumatic trough) জলের উপর **উপুড়** করিয়া রাখা হয়। নির্গম-নল হইতে গ্যাস বুদ্‌বুদের আকারে বাহির হয় এবং ইহা জল অপেক্ষা হাল্‌কা বলিয়া জলকে সরাইয়া গ্যাস-জারে জমে। জলে অদ্রাব্য ও সামান্য দ্রাব্য গ্যাস এইরূপে সংগ্রহ করা হয়।

(খ) **বায়ুর অপসারণ দ্বারা**: (১) জলে দ্রাব্য এবং বায়ু অপেক্ষা ভারী গ্যাস বায়ুর ঊর্ধ্বভ্রংশ (upward displacement) দ্বারা সংগ্রহ করা

হয় অর্থাৎ গ্যাস-জারকে **সোজাভাবে** রাখা হয়। যথা,—কারবন ডাই-অক্সাইড (CO_2)। (২) জলে দ্রাব্য ও বায়ু অপেক্ষা হাল্কা গ্যাস বায়ুর নিম্নভ্রংশ (downward displacement) দ্বারা সংগ্রহ করা হয় অর্থাৎ গ্যাস-জারকে **উল্টাভাবে** রাখা হয়। যথা, অ্যামোনিয়া গ্যাস।

(গ) **পারদ অপসারণ দ্বারা**ঃ **শুষ্ক** অবস্থায় গ্যাস-সংগ্রহের জন্য পারদপূর্ণ জারকে পারদের উপর উল্টাইয়া রাখা হয়।

৩৭। **গ্যাস-সঞ্চয়** (Storage of Gases) ও **গ্যাসভাণ্ডার**(Gas Holder): **যন্ত্র**ঃ এই যন্ত্রে উপর-নীচে দুইটি চোঙ A ও B থাকে। নীচের চোঙ বড়, উপরের চোঙ ছোট। দুইটি চোঙ দুইটি নল D ও C দ্বারা যুক্ত। প্রত্যেক নলে একটি করিয়া কল (tap) t, t আছে। একটি নল D নীচের চোঙের প্রায় শেষ পর্যন্ত গিয়াছে। উপরের চোঙের উপরটা খোলা নীচের চোঙের উপর দিকে প্যাঁচকল (Stopcock E এবং নীচের দিকে একটি ঢাকনা-যুক্ত নল F আছে। H নল দ্বারা B চোঙে গ্যাসের পরিমাণ বুঝা যায়।



৪০নং চিত্র—গ্যাসভাণ্ডার ; B চোঙে গ্যাস জমে। E নল দিয়া গ্যাস প্রয়োজনমত বাহির করিতে হয়।

ব্যবহারঃ (i) যন্ত্রে গ্যাস সঞ্চয় করিতে হইলে প্রথমে উপরের চোঙে জল ঢালিয়া ও D নলের কল খুলিয়া দিয়া নীচের চোঙ জল দ্বারা ভর্তি কর। E প্যাঁচকল খুলিয়া গ্যাস-উৎপাদক যন্ত্রের সহিত সংযোগ স্থাপন কর। F নল দিয়া জল বাহির হইয়া যাইবে এবং B চোঙ গ্যাসে ভর্তি হইবে। (ii) যন্ত্র হইতে গ্যাস প্রয়োজনমত বাহির করিতে হইলে উপরের চোঙে পুনরায় জল ঢালিতে হয় এবং D নলের কল খুলিয়া দিতে হয়। E প্যাঁচ-কল খুলিলে জলের চাপে গ্যাস বাহির হইয়া আসে। কোন গ্যাস-জার গ্যাস দ্বারা ভর্তি করিতে হইলে জলপূর্ণ গ্যাস-জারকে উপরের চোঙের জলের মধ্যে উপুড় করিয়া দিতে হয় এবং C নলের কল খুলিয়া দিতে হয়। বিন্দুরেখা দ্বারা গ্যাসজার ছবিতে দেখানো হইয়াছে।

৮৯। বিকারক (Reagent) : পরীক্ষাগারে নানা পরীক্ষার জন্য যেমন কতকগুলি যন্ত্রপাতির বিশেষ প্রয়োজন তেমন কতকগুলি বিকারকের বিশেষ প্রয়োজন হয়। বিকারক ব্যতীত অধিকাংশ রাসায়নিক ক্রিয়া সংঘটিত হয় না। নিম্নে কতকগুলি বিকারকের নাম দেওয়া হইল :—

(i) **অ্যাসিড (Acid) :** হাইড্রোক্লোরিক, সালফিউরিক, নাইট্রিক, ফস্‌ফরিক, অ্যাসিটিক অ্যাসিড।

(ii) **ক্ষার (Alkali) :** অ্যামোনিয়া, কস্টিক সোডা, লাইম-ওয়াটার (চুনের জল), সোডিয়াম কারবনেট।

(iii) **লবণ (Salt) :** সিল্‌ভার নাইট্রেট, বেরিয়াম ক্লোরাইড, সোডিয়াম ক্লোরাইড, ফেরাস সালফেট, অ্যামোনিয়াম কারবনেট, অ্যামোনিয়াম সালফেট, অ্যামোনিয়াম অক্সালেট, ইত্যাদি।

(iv) **দ্রাবক (Solvent) :** কোহল, বেনজিন ইত্যাদি।

(v) **গ্যাস (Gas) :** হাইড্রোজেন সালফাইড।

[**শিক্ষণ নির্দেশ :**—প্রত্যেক রাসায়নিক পদ্ধতির পরীক্ষা প্রথমে দেখাইয়া তারপরে সংজ্ঞা বলা ভাল। প্রত্যক্ষ পরীক্ষা দেখিলে সংজ্ঞা স্মরণ রাখা এবং রসায়নে আগ্রহ সৃষ্টি করা সুবিধাজনক। পরীক্ষার সময় যন্ত্রের অংশ ও কার্যকারিতা বোঝানো প্রয়োজন।]

প্রশ্নাবলী

1. Write short notes on :

Sedimentation, Decantation, Volatile and Non-volatile substance, Mother liquor, Filtrate, Solvent. নিম্নলিখিত বিষয়ের সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও :—

থিতান, আস্রাবণ, উদ্বায়ী জিনিস, শেষদ্রব, পরিস্রুত, দ্রাবক।

2. What are the differences between sedimentation, decantation and filtration ? What do you observe after keeping muddy water and copper sulphate solution in glasses for some time ? (থিতান, অস্রাবণ ও পরিস্রাবণ পদ্ধতির পার্থক্য কি কি ?) এক গ্লাস ঘোলা জল ও তুঁতের জল কিছুক্ষণ রাখিয়া দিলে কি দেখা যায় ?

3. How would you separate sugar, iodine, iron filings and sand in a mixture ? মিশ্রণ হইতে কি প্রকারে চিনি, আয়োডিন, লোহাচুর, বালি পৃথক করিবে ?

4. Describe the process of distillation. How would you separate copper sulphate (তুঁতে) from its solution in water? পাতন ক্রিয়া বর্ণনা কর। দ্রবণ হইতে তুঁতেকে কি প্রকারে পৃথক করিবে?

5. Describe a desiccator. Give a sketch of the apparatus. শোষকাধার বর্ণনা কর। যন্ত্রটির ছবি আঁক। [C. U. 1921]

6. What is crystallisation? How would you form a big crystal? কেলাসন কাহাকে বলে? বৃহৎ স্ফটিক কি প্রকারে গঠিত হয়?

7. How would you collect a sample of hydrogen? হাইড্রোজেন কি প্রকারে সংগ্রহ করিবে?

8. How would you separate the constituents of gunpowder? বারুদের উপাদানগুলি কি প্রকারে পৃথক করিবে?

9. Describe the process of filtration. পরিস্রাবণ পদ্ধতি বর্ণনা কর। [C.U.1948]

10. Explain the terms 'solution', 'solute', 'solvent'. 'দ্রাবক', 'দ্রাব' ও 'দ্রবণ' ব্যাখ্যা কর।

11. How do you separate the ingredients in the following mixtures.? (i) Camphor and sal ammoniac, (ii) iodine, salt and chalk, (iii) nitre and common salt?

নিম্নলিখিত মিশ্রণের উপাদান কি করিয়া পৃথক করিবে:—(১) কর্পূর ও নিশাদল (ii) আয়োডিন লবণ ও খড়িমাটি, (ii) সোরা ও লবণ।

12. How do you prepare distilled water? পাতিত জল কি প্রকারে প্রস্তুত করিবে?

দ্বিতীয় অধ্যায়

[**Course Content** : (a) Physical states of matter, melting and boiling points.

(b) Identification of matter ; Physical and chemical properties.

D—To show how solids, liquids and gases differ in their physical properties (e. g. touch, colour, smell, solubility, magnetic reaction etc.) and chemical properties (e, g, behaviour on heating, treatment with acids, alkalis and other reagents).

(c) Physical and chemical changes.

The following changes may be illustrative ; melting of ice and wax, burning of coal, conversion of water to steam, rusting of iron, magnetisation of iron, heating the filament of an electric wire by electric current, heating of copper wire and platinum wire by Bunsen flame, slaking of lime.

Brief mention of factors that induce and regulate chemical change, e, g., close contact, temperature, pressure, catalysis etc.

(d) Chemical compounds and mechanical mixtures.

D—Study of the difference between a mixture and a compound of iron and sulphur.

(e) Elements and compounds.

(f) Metals and non-metals, Only an elementary idea at this stage.]

সাধারণ নীতি (General Principles)

৩৯। জড়, পদার্থ ও উপাদান (Matter, body, substance) : আমরা পূর্বে দেখিয়াছি যে, যাহা ইন্দ্রিয়গ্রাহ্য, যাহাদের ওজন আছে, যাহারা জায়গা দখল করে ও যাহারা বল (force) দ্বারা গতিশীল হয় তাহাদের সাধারণ নাম জড়। যখন একটি জড়কে অন্য জড় হইতে আকৃতি (shape), আকার (size), আয়তন (volume), গুণ প্রভৃতির দ্বারা পৃথক করা যায় তখন প্রত্যেক জড়কে **পদার্থ** বা **বস্তু** বা **দ্রব্য** (Object or body) বলে। বীকার, পরীক্ষানল, বিউরেট কাচের বিভিন্ন পদার্থ ; কদমা, ছাঁচ, গ্লোবিউল চিনির বিভিন্ন পদার্থ। আবার এই পদার্থগুলি

একই কাচ বা চিনির দ্বারা গঠিত। চিনি বা কাচকে উপরোক্ত পদার্থের **উপাদান** (Substance) বলে।

৪০। **জড়ের গঠন : (ক) ঐতিহাসিক আলোচনা :** জড় কিভাবে গঠিত এই প্রশ্ন প্রাচীনকালেও পণ্ডিতগণের মনে আলোড়ন সৃষ্টি করে। ভারতীয় ঋষি **কণাদ** প্রথম কল্পনা করেন যে, প্রত্যেক পদার্থ **সূক্ষ্ম কণার** সমষ্টি দ্বারা গঠিত। তিনি কণাগুলির নাম দেন **পরমাণু**। খ্রীষ্টের জন্মের পাঁচ-শত বৎসর পূর্বে গ্রীক পণ্ডিত **ডিমোক্রাইটিস**ও কল্পনা করেন যে, প্রত্যেক পদার্থ সূক্ষ্ম কণা দ্বারা গঠিত। তিনি ইহার নাম দেন **অ্যাটম** (অর্থ অকাট্য) যাহাকে কাটিয়া ভাগ করা যায় না। ইহাদের মতে কোন মৌলিক পদার্থকে অসংখ্য বার ভাগ করিবার পর একবারে শেষ পর্যায়ে একটি অবিভাজ্য পরমাণু পাওয়া যায়। গ্রীক পণ্ডিত **অ্যারিস্টটল** এই মতের বিরোধিতা করিয়া বলেন যে, অখণ্ড পদার্থকণা থাকিতে পারে না। তাঁহার বিরোধিতার ফলে পরমাণু-বাদকে দুই হাজার বৎসর যাবৎ বিজ্ঞানীরা কোন আমল দেন নাই। 1808 খ্রীষ্টাব্দে ইংরাজ বিজ্ঞানী **জন ডালটন** (John Dalton) নূতন করিয়া **পরমাণুর বাদ** (Atomic Theory) প্রবর্তন করেন। তাঁহার মতে প্রত্যেক মৌলিক পদার্থের অন্তিম কণা পরমাণু দ্বারা গঠিত। ইহার বিষয় বিস্তৃতভাবে পরে বলা হইয়াছে। ডালটনের পরমাণুবাদ রসায়নে অবিস্মরণীয় অবদান। ডালটনের যৌগিক পদার্থের অন্তিম কণার সম্পর্কে কোন জ্ঞান ছিল না। তিনি জলের অন্তিম কণার নাম দেন যৌগিক পরমাণু। ডালটন গ্যাসীয় পদার্থের মধ্যে রাসায়নিক ক্রিয়ার ব্যাখ্যা করিতে পারেন নাই। পরমাণুবাদের এই ত্রুটি দূর করেন **অ্যাভোগ্রাড্রো** (Avogadro) **অণুর** কল্পনা করিয়া। ইহাকে **অণুবাদ** (Molecular Theory) বলে। ইহার বিষয় পরে বিস্তৃতভাবে বলা হইয়াছে। রসায়নে ইহার প্রভাব অসাধারণ। ইহা বহু রাসায়নিক তত্ত্ব ও ক্রিয়া ব্যাখ্যা করে।

(খ) অণু (Molecule) **:** মনে কর, লবণের একটি বড় দানাকে ভাঙিয়া দুই টুকরা করা গেল। আবার প্রত্যেক টুকরা গুঁড়াইয়া কয়েক টুকরা করা গেল। এইরূপে যান্ত্রিক উপায়ে ভাগ করিতে করিতে এমন অবস্থায় আসিতে পারি যেখানে প্রত্যেক সূক্ষ্মতম অংশে লবণের গুণ বজায় থাকে। এই সূক্ষ্মতম অন্তিম অংশকে **অণু** বলে। অণুকে ভাঙিলে যে কণা পাওয়া যায় তাহাতে লবণের গুণ বজায় থাকে না।

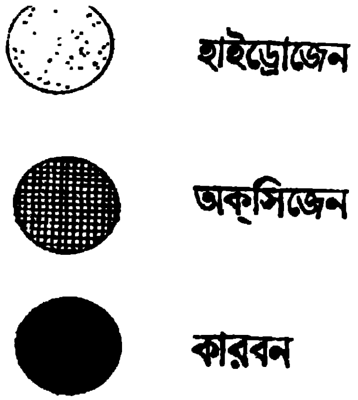
অণুর বৈশিষ্ট্য : (i) ইহারা যৌগিক বা মৌলিক পদার্থের সূক্ষ্মতম কণা। (ii) ইহারা স্বাধীনভাবে থাকিতে পারে এবং উপাদানের (constituent) মূল গুণ বজায় রাখে। কোন দ্রব্যের গুণ = অণুর গুণ।

(গ) **পরমাণু** (Atom) : লবণের অণুকে তড়িতের সাহায্যে বিশ্লিষ্ট করা হইলে যে কণা পাওয়া যায় তাহাতে লবণের গুণ বর্ত্তমান থাকে না, ইহারা সম্পূর্ণ ভিন্ন কণা। সুতরাং অণুগুলি আবার কতকগুলি আরও সূক্ষ্মতর কণা দ্বারা গঠিত। এই কণাগুলিকে **পরমাণু** বলে।

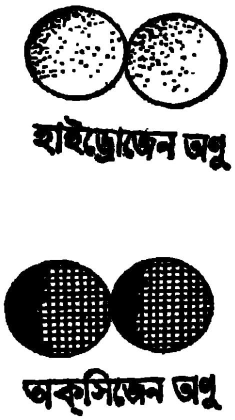
পরমাণুর বৈশিষ্ট্য : (i) ইহারা মৌলিক পদার্থের সূক্ষ্মতম কণা। 92 রকম মৌলিক পদার্থের 92 রকম পরমাণু পাওয়া যায় কিন্তু অণুর সংখ্যা অগণিত। (ii) ইহাদের গুণ দ্রব্যের গুণ বা অণুর গুণ হইতে বিভিন্ন। (iii) ইহারা স্বতন্ত্র থাকিতে পারে না। ইহারা অন্য পরমাণুর সহিত অণু গঠন করে। (iv) রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় ইহারাই অংশ গ্রহণ করে। অণুকে রাসায়নিক উপায়ে ভাগ করা যায়। কিন্তু পরমাণুকে এইরূপে বিশ্লিষ্ট করা যায় না। জলের গুণ জলের অণুর গুণ এক কিন্তু জলের গুণ ও জলের ভিতর বর্ত্তমান হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন পরমাণুর গুণ বিভিন্ন।

অণুর শ্রেণী : অণুকে দুইভাগে ভাগ করা যায়।

(ক) **মৌলিক অণু** (Elementary Molecule) : একই রকম মৌলিক পদার্থের পরমাণু পরস্পর যুক্ত হইয়া মৌলিক অণু গঠন করে। সমস্ত গ্যাসীয় মৌলিক পদার্থের অণু **দুইটি** পরমাণুর সংযোগে গঠিত। একটি হাইড্রোজেন অণু দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু লইয়া গঠিত। কারবন, সালফার, ফসফরাস প্রভৃতি স্বাভাবিক কঠিন অধাতু মৌলিক পদার্থের



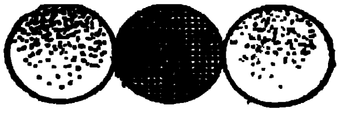
৪১নং চিত্র



৪২নং চিত্র

অণু **একটি** বা দুইটি বা চারটি পরমাণু লইয়া গঠিত। সমস্ত ধাতব মৌলিক পদার্থের অণু **একটি** পরমাণু দিয়া গঠিত। সুতরাং ইহাদের অণু ও পরমাণুর মধ্যে কোন পার্থক্য নাই।

(খ) **যৌগিক অণু** (Compound Molecule): বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের পরমাণু পরস্পর যুক্ত হইয়া যৌগিক অণু গঠন করে। জলের অণু= একটি অক্সিজেন পরমাণু + দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু। প্রত্যেক যৌগিক পদার্থ যথা জল, লবণ, ক্ষার, অ্যাসিড, ডাল, ভাত, দুধ প্রভৃতি সবই যৌগিক অণু দ্বারা গঠিত। অজৈব যৌগিক পদার্থের অণুর গঠন সরল। ইহাদের পরমাণুর সংখ্যা কম। জৈব পদার্থের অণু মাত্র কারবন, অক্সিজেন, হাইড্রোজেন ও নাইট্রোজেন পরমাণু দ্বারা গঠিত কিন্তু ইহাদের পরমাণুর সংখ্যা অনেক বেশী হইতে পারে।



জলের অণু

৪৩নং চিত্র

অণু ও পরমাণুর আকার: প্রথমে অণু ও পরমাণুর অস্তিত্ব কল্পনা মাত্র থাকিলেও বহু প্রকার পরীক্ষায় এই কল্পনা সত্য বলিয়া প্রমাণিত হইয়াছে। ইহারা আকারে এত ক্ষুদ্র যে তীক্ষ্ণতম অণুবীক্ষণেও দেখা যায় না। সম্প্রতি ইলেক্‌ট্রোনিক অণুবীক্ষণ দ্বারা অণুর ফটো তোলা সম্ভব হইয়াছে। 1957 সালে টাংস্টেনের পরমাণুর ফটো তোলা হয়। সুতরাং দেখা যায় যে বিজ্ঞানীর কল্পনা পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণিত হইয়াছে। এক ফোঁটা জলে $(10)^{18}$ অণু থাকে।

(গ) **আন্তরাণবিক ফাঁক** (Intermolecular spaces): অণুগুলি পরস্পর গায়ে গায়ে লাগিয়া নাই। অণুগুলির মাঝে অতি **সূক্ষ্ম ফাঁক** আছে। ফাঁকগুলিকে **আন্তরাণবিক ফাঁক** বলে। চাপ ও তাপ প্রয়োগে পদার্থের আয়তনের হ্রাস-বৃদ্ধি, পদার্থের স্থিতিস্থাপকতা, জলে চিনির দ্রবণে জলের আয়তনের অপরিবর্তন—ফাঁকগুলির অস্তিত্বের প্রকৃষ্ট প্রমাণ। ফাঁকগুলি শূন্য নয়, ওজনহীন ঈথার নামক পদার্থে পূর্ণ।

৪১। **অণুর বৈশিষ্ট্য:** অণুর দুইটি বৈশিষ্ট্য আছে: (ক) **আণবিক আকর্ষণ বল** (Intermolecular force of attraction): অণুগুলি নির্দিষ্ট গণ্ডীর মধ্যে থাকিলে পরস্পর পরস্পরকে আকর্ষণ করে। ইহাকে **আণবিক আকর্ষণ-বল** বলে। নির্দিষ্ট গণ্ডীর বাহিরে যাইলে এই বল অন্তর্হিত হয়। একই প্রকৃতির অণুর মধ্যস্থিত আকর্ষণের নাম **সংসক্তি**

(cohesion)। খড়িমাটিতে অণুগুলি সংসক্তি বল দ্বারা আকৃষ্ট হয়। বিভিন্ন প্রকৃতির অণুর মধ্যস্থিত আকর্ষণের নাম **আসঞ্জন** (adhesion)। বোর্ডের উপর লিখিত খড়িমাটি আসঞ্জন বলের দ্বারা আকৃষ্ট হয়। ৭

(খ) আণবিক গতি (Molecular Motion): অণুগুলি স্থির নহে। ইহারা সর্বদাই একটি মাধ্যম অবস্থানের (mean position) এদিক-ওদিক (to and fro) অতি দ্রুতবেগে চলাফেরা করে। এই গতির জন্য অপকেন্দ্র (centrifugal) বলের উদ্ভব হয় এবং অণুগুলি পরস্পর হইতে দূরে যাইতে চেষ্টা করে। অপর পক্ষে আকর্ষণ বল অণুগুলিকে পরস্পর কাছে আনিতে চেষ্টা করে। (অণুর গঠনের আধুনিক ইলেকট্রোনীয় মত পরে বর্ণিত হইয়াছে।)

৪২। জড়ের ভৌত অবস্থা (Physical states of Matter): আমাদের চতুর্দিকে নানা প্রকারের পদার্থ দেখিতে পাওয়া যায়। ইহাদিগের ভৌত অবস্থা একপ্রকার নহে। দোয়াত, কলম, কাঠ, লোহা, বাটি, থালা, গ্লাস—ইহারা **কঠিন** (Solid) পদার্থ; জল, দুধ, স্পিরিট, কালি—ইহারা **তরল** (Liquid) পদার্থ; জলীয় বাষ্প, ধোঁয়া, অক্সিজেন, বাতাস—ইহারা **গ্যাসীয়** (Gaseous) পদার্থ। পৃথিবীর যাবতীয় জড় পদার্থই এই তিন অবস্থার যে-কোন এক অবস্থায় থাকে।

কঠিন পদার্থের একটি নির্দিষ্ট **আকার, আয়তন** ও **ওজন** আছে। থালা গোল ও চ্যাপ্টা, গ্লাস গোল ও লম্বা। ইহারা সকলেই একটি নির্দিষ্ট জায়গা দখল করে এবং আপন আপন আকার বজায় রাখিবার চেষ্টা করে। বাহ্যিক বল-প্রয়োগ ভিন্ন ইহাদের আকারের কোন পরিবর্তন করা যায় না। লোহা পিটাইয়া বা গলাইয়া, ইট ভাঙিয়া, কাঠ কাটিয়া—ইহাদের আকার পরিবর্তিত করা হয়। কঠিন পদার্থ মাত্রই কম-বেশী শক্ত। কঠিন পদার্থ রাখিতে হইলে কোন পাত্রের দরকার হয় না, কারণ ইহা ছড়াইয়া পড়ে না।

তরল পদার্থের নির্দিষ্ট **ওজন** ও **আয়তন** আছে কিন্তু কোন **নির্দিষ্ট আকার** নাই। তরল পদার্থ রাখিতে হইলে পাত্রের দরকার হয় এবং ইহা যে পাত্রে রাখা যায়, সেই পাত্রের আকার ধারণ করে। এক সের দুধ বড় গ্লাস বা বাটিতে রাখিলে গ্লাস বা বাটির আকার গ্রহণ করে। কিন্তু ইহা আয়তনে বাড়িয়া সম্পূর্ণভাবে পাত্রটিতে ছড়াইয়া পড়ে না। একটি ছোট গ্লাসের জল লইয়া বড় গ্লাস ভর্তি হয় না। তরল পদার্থের উপরিভাগ সর্বদাই সমতল থাকে। ইহা অধৃত অবস্থায় নীচের দিকে প্রবাহিত হয়।

গ্যাসীয় পদার্থের কোন **নির্দিষ্ট আকার** বা **আয়তন** নাই ; কেবল নির্দিষ্ট **ওজন** আছে। ইহা রাখিতে হইলে তরল পদার্থের ন্যায় পাত্রের আবশ্যক হয়, কিন্তু গ্যাসীয় পদার্থ শুধু যে পাত্রের আকার গ্রহণ করে তাহা নহে, ইহার আয়তনও গ্রহণ করে। এক পোয়া দুধ হাঁড়িতে বা গ্লাসে রাখিলে ইহা এক পোয়া আয়তনের জায়গা দখল করে, সমস্ত পাত্র ভরিয়া ফেলে না। ঘরের মধ্যে যদি ধূপ-ধুনা জ্বলে, তবে ইহাদের ধোঁয়া সমস্ত ঘর ও ঘরের মধ্যস্থ পাত্রও ভরিয়া ফেলে। একই পরিমাণ লঘু হাইড্রোজেন গ্যাস বিভিন্ন বেলুনে ভর্তি করিলে ইহা বিভিন্ন আকার ও আয়তন ধারণ করে। গ্যাসীয় পদার্থের উপর চাপ বৃদ্ধি করিলে ইহার আয়তন কমে এবং চাপ কমাইলে ইহার আয়তন বাড়ে। কঠিন ও তরলের এই গুণ নাই বলিলেই চলে।

প্রত্যেক পদার্থই তাপের তারতম্যের জন্য এই তিন অবস্থা প্রাপ্ত হইতে পারে। একখণ্ড নির্দিষ্ট আকারের বরফ থালায় রাখিলে ইহা তাপে গলিয়া জল হইয়া সমস্ত থালায় ছড়াইয়া পড়ে। ঐ জলকে গরম করিলে অদৃশ্য বাষ্প হইয়া সমস্ত ঘরময় ব্যাপ্ত হয়। একই পদার্থ— জল —তাপের হ্রাস-বৃদ্ধির জন্য কঠিন, তরল ও বায়বীয় অবস্থা প্রাপ্ত হয়। আবার বাষ্পকে শীতল করিলে জল এবং জলকে আরও শীতল করিলে বরফ পাওয়া যায়। অবশ্য বিভিন্ন পদার্থের এই অবস্থান্তর ঘটাইতে বিভিন্ন পরিমাণ তাপ দরকার হয়। পদার্থের কোন স্থায়ী অবস্থা নাই। পৃথিবীর স্বাভাবিক উষ্ণতায় এক এক রকম পদার্থ এক এক অবস্থায় থাকে মাত্র। এত যে শক্ত লোহা তাহাও তাপবৃদ্ধিতে তরল অবস্থায়, এমন কি খুব উচ্চ তাপে বাষ্পীয় অবস্থায় পরিণত হয়। লোহার কারখানায় যাইলে জলের মত গলিত তরল লোহাকে দেখা যায়। আবার বায়ুতে যে গ্যাসীয় কারবন ডাই-অক্সাইড থাকে তাহাও তাপ-হ্রাসে তরল এমন কি কঠিন অবস্থায় পরিণত হয়। কঠিন কারবন ডাই-অক্সাইড 'সলিড আইস' বা 'ড্রাই আইস' নামে বাজারে বিক্রয় হয়।

পদার্থের কঠিন, তরল ও বায়বীয় অংশ অণুর ধর্মের সহিত সংশ্লিষ্ট। কঠিন পদার্থে অণুগুলি খুব কাছাকাছি থাকে এবং ইহাদিগের পরস্পরের মধ্যে আকর্ষণ বেশী হয়। সেইজন্য ইহাদের আয়তন ও আকৃতি বজায় থাকে। কঠিন পদার্থে তাপ দিলে উহার অণুগুলির গতির বেগ বাড়িতে থাকে। শেষ পর্যন্ত দুইটি অণুর মধ্যে দূরত্ব এত বাড়ে যে, কঠিন তরলে

পরিণত হয়। তরল আবার তাপ পাইলে ইহার অণুগুলির ব্যবধান খুব বাড়িয়া যায়। ইহাদের মধ্যে আকর্ষণও খুব কমিয়া যায়। তরল গ্যাসে পরিণত হয়। গ্যাসকে শীতল করিলে অণুর গতি কমিয়া যায়, আবার গ্যাসের উপর চাপ বাড়াইলে অণুর গতি কমিয়া যায়। সুতরাং গ্যাস তাপ-হ্রাসে বা চাপ-বৃদ্ধিতে তরলে পরিণত হয়। তরল আবার তাপ-হ্রাসে কঠিনে পরিণত হয়।

৩৩। **পদার্থের স্বরূপ নিরূপণ** (Identification of matter) এবং পদার্থের **ভৌত ও রাসায়নিক গুণ** (Physical and Chemical Properties): সকল পদার্থেরই কতকগুলি গুণ আছে। ইহাদের মধ্যে কতকগুলি গুণ প্রায় প্রত্যেক পদার্থেরই আছে—পদার্থ কঠিন, তরল বা গ্যাসীয় অবস্থায় থাকুক না কেন; যেমন প্রত্যেক পদার্থেরই আয়তন আছে, ওজন আছে। আবার প্রত্যেক পদার্থের বিশিষ্ট গুণ আছে যাহার দ্বারা সেই পদার্থের স্বরূপ নিরূপণ করিতে পারি। যেমন জলের কতকগুলি গুণ আছে যাহা হইতে জলকে সহজেই চিনিতে পারি। জল বর্ণহীন, গন্ধহীন, স্বাদহীন স্বচ্ছ তরল। ইহার হিমাঙ্ক 0° সেঃ, স্ফুটনাঙ্ক 100° সেঃ। জলে লবণ, চিনি দ্রাব্য। বিদ্যুৎপ্রবাহ দ্বারা জল অক্সিজেন ও হাইড্রোজেনে পরিণত হয়। এই সকল গুণের দ্বারা জলের স্বরূপ নির্ণয় করিতে পারি।

এই সকল গুণের কতকগুলি গুণ ভৌত, কতকগুলি রাসায়নিক। যে সকল গুণের দ্বারা শুধু পদার্থের বাহ্যিক অবস্থা ও ব্যবহার বুঝা যায় তাহাদিগকে ভৌত গুণ বলে। জলের স্ফুটনাঙ্ক 100° সেঃ। ইহা ভৌত গুণ, কারণ ইহাতে জলের কোন মৌলিক পরিবর্তন হয় না, কেবল অবস্থার পরিবর্তন হয়। জল ও বাষ্প মূলতঃ একই পদার্থ। যে সকল গুণের দ্বারা পদার্থের মৌলিক পরিবর্তন হইয়া নূতন পদার্থের সৃষ্টি হয় তাহাদিগকে রাসায়নিক গুণ বলে। জল বিদ্যুৎ দ্বারা বিশ্লিষ্ট হইলে অক্সিজেন ও হাইড্রোজেনে পরিণত হয়। ইহা রাসায়নিক গুণ।

কোন পদার্থের গুণ বর্ণনা করিবার সময় নিম্নলিখিত গুণগুলির উল্লেখ করা দরকার :—

ভৌত গুণ :

(ক) **ভৌত অবস্থা :** কঠিন, তরল বা গ্যাসীয়। কাঠ, ইট কঠিন পদার্থ; জল, পারদ, দুধ তরল পদার্থ; বায়ু, অক্সিজেন গ্যাসীয় পদার্থ।

(খ) **বর্ণ** (Colour) : বর্ণ দেখিয়া অনেক পদার্থ চেনা যায়। কঠিন পদার্থের প্রায়ই বর্ণ থাকে। গ্যাস প্রায় বর্ণহীন হয়। তরল ব্রোমিনের বর্ণ লাল, তুঁতের বর্ণ নীল, আয়োডিনের বাষ্পের বর্ণ বেগুনি, ক্লোরিন গ্যাসের বর্ণ সবুজ, সাধারণ লবণের বর্ণ সাদা। গন্ধক দেখিতে হলদে, সোনা ফিকে হলদে, রূপা সাদা, তামা লাল।

(গ) **রূপ** (Shape) : কতকগুলি কঠিনের নির্দিষ্ট জ্যামিতিক আকার থাকে, যথা লবণের দানা, চিনির দানা, ফটকিরির দানা। এই সকল রূপ দেখিয়া অনেক পদার্থ চেনা যায়। তরলের বা গ্যাসের কোন নির্দিষ্ট আকার নাই।

(ঘ) **স্পর্শ** (Touch) : অনেক পদার্থ স্পর্শ করিয়া চেনা যায়। হাতে জলের ও তৈলের স্পর্শ বিভিন্ন। স্ফটিক পদার্থ মাত্রই কর্কশ মনে হয়। অনেক কঠিন পদার্থ তৈলাক্ত মনে হয়, যথা ক্ষার-জাতীয় পদার্থ। মিহি বালি ও ময়দা পাশাপাশি রাখিলে হাতে ঘষিয়া কোন্‌টি বালি বুঝা যায়, কারণ বালি হাতে কর্কশ লাগে।

(ঙ) **গন্ধ** (Smell) : গন্ধ আঘ্রাণ করিয়া অনেক পদার্থ চেনা যায়। অধিকাংশ কঠিনের কোন গন্ধ নাই। অধিকাংশ গ্যাসের গন্ধ আছে। চিনি, লবণ, কাঠ—ইহাদের গন্ধ নাই। সালফার ডাই-অক্সাইড, অ্যামোনিয়া, ক্লোরিন গ্যাসের তীব্র গন্ধ আছে। কেরোসিন তেল গন্ধ শুঁকিয়া বোঝা যায়। অ্যাসেটিক অ্যাসিডের বিশিষ্ট গন্ধ আছে। কর্পূরের বিশিষ্ট গন্ধ আছে।

(চ) **দ্রাব্যতা** (Solubility) : প্রায় সব পদার্থ কোন-না-কোন দ্রাবকে দ্রাব্য। জলে বহু কঠিন ও গ্যাস দ্রবীভূত হয়।

দ্রাব্যতার মাত্রা সব পদার্থের সমান নয়। জলে পটাসিয়াম নাইট্রেট (সোরা) খুব দ্রাব্য এবং দ্রবণ তাপ শোষণ করে। জলে সালফিউরিক অ্যাসিড দিলে তাপ উদ্ভূত হয়। জলে চুন সামান্য দ্রাব্য।

(ছ) **চৌম্বক গুণ** (Magnetic Properties) : লোহা, নিকেল, কোবাল্ট চুম্বক দ্বারা আকৃষ্ট হয়।

(জ) **স্বাদ** (Taste) : লবণ জিহ্বায় নোন্‌তা লাগে। চিনি জিহ্বায় মিষ্ট লাগে। অনেক পদার্থ স্বাদ দ্বারা বোঝা যায়। অনেক পদার্থ আবার বিষাক্ত হয়। সেইজন্য স্বাদ লইবার আগে সতর্কতা অবলম্বন করা উচিত।

(ঝ) **আঘাতের প্রভাব:** আঘাত করিলে কোন কোন কঠিন চূর্ণ হইয়া যায়, যথা লবণ। কোন কোন কঠিন পাতে পরিণত হয়, যথা সীসা, পেটা লোহা। হীরা খুব শক্ত পদার্থ।

(ঞ) **ঘনাঙ্ক:** অধিকাংশ কঠিনই জলের চেয়ে ভারী, গ্যাসের চেয়ে তরল ভারী। প্রত্যেক পদার্থেরই বিশিষ্ট ঘনাঙ্ক আছে। এই গুণ দিয়া পদার্থের স্বরূপ নিরূপণ করা যায়।

(ট) **গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক:** বিশুদ্ধ কঠিনের নির্দিষ্ট গলনাঙ্ক ও বিশুদ্ধ তরলের নির্দিষ্ট স্ফুটনাঙ্ক আছে। এই গুণ দিয়া পদার্থের স্বরূপ-নিরূপণ করা যায়। একটু অশুদ্ধি থাকিলে কঠিনের গলনাঙ্ক কমে এবং তরলের স্ফুটনাঙ্ক বাড়ে।

ভৌত গুণের দ্বারা পদার্থের গঠনের কোন পরিবর্তন হয় না, যথা কোন দ্রব্যকে জলে দ্রবীভূত করিলে পদার্থ একই থাকে।

রাসায়নিক গুণ: (ক) **তাপের প্রভাব:** তাপ-প্রয়োগে বিভিন্ন পদার্থ বিভিন্ন আচরণ করে। তুঁতেকে গরম করিলে সাদা হইয়া যায়। হিরাকষকে (ফেরাস সালফেট, Ferrous Sulphate) উত্তপ্ত করিলে তীব্র গ্যাস বাহির হয় এবং লোহার অক্সাইড পড়িয়া থাকে। সালফিউরিক অ্যাসিডকে তীব্রভাবে গরম করিলে ইহা বিশ্লিষ্ট হইয়া যায়।

(খ) **অ্যাসিডের (acid) ক্রিয়া:** অধিকাংশ ধাতু অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয়। বিভিন্ন অ্যাসিডের ক্রিয়া দ্বারা অনেক পদার্থের স্বরূপ ধরা পড়ে। ক্ষার-জাতীয় পদার্থও অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয়।

(গ) **ক্ষারের (alkalies) ক্রিয়া:** সব অ্যাসিডই ক্ষারে দ্রবীভূত হয়।

দৃষ্টান্ত: (i) সালফারের (গন্ধকের) ধর্ম বর্ণনা কর :—সালফারের বর্ণ পীত। ইহা ভঙ্গুর কঠিন পদার্থ। ইহা স্ফটিকাকারে পাওয়া যায়। ইহা হাতে কর্কশ লাগে। ইহা গন্ধহীন, ইহা জলে অদ্রাব্য কিন্তু কারবন ডাই-সালফাইডে দ্রাব্য। ইহার গলনাঙ্ক 113°C। ইহা জারক অ্যাসিডের (যথা HNO_3, H_2SO_4) সহিত ক্রিয়া করে। ইহা ক্ষারের সঙ্গে ক্রিয়া করে। ইহা উচ্চ উষ্ণতায় কারবন, হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের সঙ্গে ক্রিয়া করে। সালফার বায়ুর অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন করে; উৎপন্ন সালফার ডাই-অক্সাইড বর্ণহীন, বিশেষ

শ্বাসরোধী গন্ধযুক্ত গ্যাস। সাল্‌ফার ডাই-অক্সাইড ম্যাজেণ্টার লাল দ্রবণকে এবং পটাশ পারম্যাঙ্গানেটের বেগুনী দ্রবণকে বর্ণশূন্য করে।

(ii) নয়া পয়সায় তামা ও নিকেল আছে। নয়া পয়সাকে নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত কর। দ্রবণে কপার নাইট্রেট ও নিকেল নাইট্রেট পাওয়া যায়। এই অ্যাসিডের দ্রবণের মধ্যে সাল্‌ফিউরেটেড হাইড্রোজেন গ্যাস অতিক্রম করাও। কালো কপার সালফাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। এইবার দ্রবণকে পরিস্রাবণ কর। অবশেষে কপার সালফাইড থাকে। ইহাকে জল দিয়া ধৌত করিয়া পুনরায় নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত কর। ইহাতে অ্যামোনিয়া দাও। দ্রবণের বর্ণ ঘোর নীল হয়। পরিস্রুতে নিকেল নাইট্রেট থাকে।

৪৪। ভৌত (Physical) ও রাসায়নিক (Chemical) পরিবর্তন : আমরা চারিদিকে নিয়ত পদার্থের অসংখ্য পরিবর্তন লক্ষ্য করিতেছি। ইহাদের মধ্যে কতক পরিবর্তন প্রকৃতিতে স্বতঃই সংঘটিত হয়। আবার আমরা বিভিন্ন শক্তির সাহায্যেও এই পরিবর্তন সাধন করি। সূর্যতাপে জলাশয় হইতে বাষ্প উত্থিত হয়। বাষ্প জমিয়া মেঘ হয়, মেঘ হইতে বৃষ্টি হয়। আর্দ্র বায়ুতে লোহায় মরিচা পড়ে। সরু তারের মধ্য দিয়া বিদ্যুৎ প্রবাহিত হইলে তাপ ও আলোক উৎপন্ন হয়। আমরা দুধ হইতে দই, ঘি, মাখন এবং চাউল হইতে মুড়ি, চিড়া, খই প্রস্তুত করি। কাঠ পুড়িয়া ছাই, জলীয় বাষ্প ও কারবন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। এই সকল পরিবর্তনকে দুই ভাগে ভাগ করা যায় :—**ভৌত** ও **রাসায়নিক**।

(১) **ভৌত পরিবর্তন :** (যে পরিবর্তনে পদার্থের অণুর গঠন না বদলাইয়া কেবলমাত্র কতকগুলি বাহ্যিক গুণ, যথা—অবস্থা, আকার, আকৃতি, স্বচ্ছতা, ঘনাঙ্ক, বর্ণ এবং চুম্বক ও তড়িৎ ধর্ম বদলাইয়া যায় তাহাকে **ভৌত** বা **বাহ্যিক পরিবর্তন** বলে) ভৌত পরিবর্তনের কারণ অপসারিত করিলে পদার্থ পূর্বাবস্থায় ফিরিয়া আসে।

দৃষ্টান্ত : (ক) জলকে শীতল করিলে বরফ হয়। বরফে তাপ দিলে আবার জল হয়। জলকে ফুটাইলে বাষ্প হয়। বাষ্পকে শীতল করিলে আবার জল হয়। এই সকল পরিবর্তনে জলের ঘনাঙ্ক, আয়তন, স্বচ্ছতা প্রভৃতি গুণ বদলাইয়া যায় কিন্তু জল, বরফ ও বাষ্পের অণুর গঠন এক (H_2O) থাকে। জলের কোন আভ্যন্তরিক পরিবর্তন হয় না এবং বিভিন্ন ভৌত অবস্থায় ইহার ওজনের কোন পার্থক্য হয় না। এক সের জল বরফে পরিণত

হইলে যেটুকু তাপ শোষণ করে এক সের বরফ জলে পরিণত হইলে ঠিক ততটুকু তাপ উদ্ভূত হয়। ভৌত পরিবর্তনে তাপের উদ্ভব হইতে পারে বা নাও হইতে পারে।

একটি পরীক্ষা-নলে কিঞ্চিৎ মোম বা গন্ধক লইয়া গরম কর। মোম বা গন্ধক গলিয়া যায়। পরীক্ষা-নলকে ঠাণ্ডা কর। আবার গলিত মোম বা গন্ধক কঠিন মোমে বা গন্ধকে পরিণত হয়। দুই অবস্থার মোমের বা গন্ধকের গঠনের কোন পরিবর্তন হয় না। কেবল অবস্থার পরিবর্তন হয়।

(গ) লোহাকে গলাইয়া বিভিন্ন ছাঁচে ঢালিলে বিভিন্ন আকারের বিভিন্ন পদার্থ হয় কিন্তু ইহার অণুর গঠন একই (Fe) থাকে।

(ঘ) চুম্বকের সঙ্গে ইস্পাত ঘষিলে ইস্পাত চুম্বকত্ব প্রাপ্ত হয়। আবার লৌহদণ্ডে অন্তরিত তামার তার জড়াইয়া তড়িৎ প্রবাহিত করাইলে লৌহদণ্ড চুম্বকে পরিণত হয়। ইস্পাতের বা লোহার গঠন বা গুণ পরিবর্তিত হইয়া নূতন গুণ-বিশিষ্ট কোন পদার্থ উৎপন্ন হয় না। ইস্পাতকে গরম করিলে চুম্বকত্ব নষ্ট হয়। ইস্পাতের ওজনের বা তাপের পার্থক্য হয় না।

(ঙ) প্লাটিনাম তারকে পর পর খুব উত্তপ্ত করিলে তার প্রথমে লোহিত তপ্ত (red hot), তাহার পর শুভ্র তপ্ত (white hot) হয়। শীতল করিলে তারের মূল বর্ণ ফিরিয়া আসে। ইহার ওজনের পার্থক্য হয় না।

(চ) সরু তামার তারের মধ্য দিয়া বিদ্যুৎ প্রবাহিত হইলে তার উষ্ণ হয় এবং আলো বিকিরণ করে। প্রবাহ বন্ধ হইলে তার শীতল হয়, তারের আলো বিকিরণের গুণ থাকে না। প্রবাহ চালাইবার পূর্বে ও পরে তারের ওজনের কোন পার্থক্য হয় না, তাদের অণুর কোন পরিবর্তন হয় না। উষ্ণ ও শীতল হইবার জন্য তারের যে পরিবর্তন তাহা ভৌত পরিবর্তন।

(ছ) জলে চিনি মিশাইলে চিনি অদৃশ্য হয়। জলকে বাষ্পীভূত করিলে একই ওজনের চিনি সম্পূর্ণ ফিরিয়া আসে। দ্রব অবস্থায় চিনির এই পরিবর্তন ভৌত। কারণ দ্রব অবস্থায় চিনি চিনিই থাকে। ইহার অণুর কোন পরিবর্তন হয় না। দ্রবণের পূর্বে ও পরে চিনির ওজন একই থাকে। সাধারণতঃ দ্রবণের সময় তাপের কোন হ্রাস-বৃদ্ধি হয় না। অতএব দেখা যায় যে, তাপ বিদ্যুৎ, চুম্বক, দ্রাব্যতা প্রভৃতি ভৌত পরিবর্তনের কারণ।

এই সকল পরীক্ষা হইতে দেখা যায় **ভৌত পরিবর্তন অস্থায়ী।**

(২) (যে পরিবর্তনে পদার্থের অণুর গঠন বদলাইয়া এক বা একাধিক নূতন

পদার্থের উৎপত্তি হয় তাহাকে **রাসায়নিক পরিবর্তন** বলে। মূল পদার্থের গুণ হইতে নূতন পদার্থের গুণ সম্পূর্ণ স্বতন্ত্র।

দৃষ্টান্ত : (ক) অ্যাসিডমিশ্রিত (acidulated) জলের মধ্য দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত করিলে জল অক্সিজেন ও হাইড্রোজেন নামক দুইটি বিভিন্ন গুণবিশিষ্ট গ্যাসে বিশ্লিষ্ট হয়। সুতরাং ইহা রাসায়নিক পরিবর্তন।

(খ) বাতি (কারবন ও হাইড্রোজেনের যৌগিক পদার্থ) জ্বালিলে নূতন পদার্থ কারবন ডাই-অক্সাইড ও জল উৎপন্ন হয়। গন্ধক পোড়াইলে সাল্‌ফার ডাই-অক্সাইড নামক গ্যাস উৎপন্ন হয়। গন্ধক ও এই গ্যাস সম্পূর্ণ ভিন্ন পদার্থ। গন্ধকে গন্ধকের অণু থাকে কিন্তু গ্যাসে অক্সিজেন ও গন্ধকের অণু থাকে। গন্ধক ও সালফার ডাই-অক্সাইডের ওজনের পার্থক্য হয়। সুতরাং এইগুলি রাসায়নিক পরিবর্তন।

(গ) লোহাকে বহুদিন ধরিয়া আর্দ্র বাতাসে রাখিলে মরিচা (rust) পড়ে। লোহা (Fe) ও মরিচা (Fe_2O_3, xH_2O) পৃথক পদার্থ। লোহার ওজন বাড়িয়া যায়। মরিচা চুম্বক দ্বারা আকৃষ্ট হয় না। মরিচা উৎপাদনে তাপের সৃষ্টি হয়।

(ঘ) চুনের সঙ্গে জল মিশাইলে কলি-চুন (slaked lime) উৎপন্ন হয় এবং সঙ্গে সঙ্গে তাপ উদ্ভূত হয়। চুন (CaO) ও কলিচুন $[Ca(OH)_2]$ এক পদার্থ নয়। চুনে ক্যালসিয়াম ও অক্সিজেন পরমাণু থাকে। কিন্তু কলিচুনে ক্যাল্‌সিয়াম, অক্সিজেন ও হাইড্রোজেন থাকে। কলিচুন ও চুনের ওজন এক নহে।

(ঙ) নাইট্রিক অ্যাসিডে তামার টুকরা দিলে লাল বর্ণের গ্যাস নির্গত হয় এবং পাত্রে সবুজ বর্ণের কপার-নাইট্রেট পড়িয়া থাকে। তামা ও কপার নাইট্রেট ভিন্ন পদার্থ।

(চ) সাদা চিনির দানাকে উত্তপ্ত করিলে কালো কারবনে ও জলে পরিণত হয়। চিনি ও কারবন এক জিনিস নহে। চিনি সাদা, কারবন কালো। চিনির স্বাদ মিষ্ট, কারবন স্বাদহীন। চিনি জলে দ্রাব্য, কারবন জলে অদ্রাব্য। কারবন ও জল হইতে চিনিকে আর ফিরিয়া পাওয়া যায় না।

রাসায়নিক পরিবর্তনে যে নূতন পদার্থ সৃষ্ট হয় ইহাকে সহজে পূর্বাবস্থায় আনা যায় না। **রাসায়নিক পরিবর্তন স্থায়ী হয়।** রাসায়নিক পরিবর্তনে

হয় তাপ শোষিত হয়, না-হয় তাপ উদ্ভূত হয়। জলের বিশ্লেষণে প্রতি গ্রাম জলে প্রচুর তাপ শোষিত হয়। চুন জলে গুলিলে যে রাসায়নিক পরিবর্তন হয় তাহাতে এত তাপ উদ্ভূত হয় যে, জল ফুটিতে থাকে। ভৌত পরিবর্তনে তাপের তারতম্য হইতেও পারে, নাও হইতে পারে। জল বাষ্প হইবার সময় তাপ শোষিত হয় কিন্তু লোহা চুম্বকে পরিণত হইবার সময় তাপের তারতম্য হয় না।

ভৌত ও রাসায়নিক পরিবর্তনের তুলনা :—

ভৌত পরিবর্তন	রাসায়নিক পরিবর্তন
১। অণুর গঠনের কোন পরিবর্তন হয় না।	১। অণুর গঠনের পরিবর্তন হইয়া নূতন অণু গঠিত হয়।
২। পদার্থের গুণের আমূল পরিবর্তন হয় না, সামান্য কিছু পরিবর্তন হয়।	২। পদার্থের গুণের আমূল পরিবর্তন হয়।
৩। পরিবর্তন অস্থায়ী অর্থাৎ পরিবর্তনের কারণ (যথা, তাপ, চাপ প্রভৃতি) দূর করিলে পদার্থ পূর্বাবস্থায় ফিরিয়া আসে।	৩। পরিবর্তন স্থায়ী। নূতন পদার্থ সহজে পূর্বাবস্থায় ফিরিয়া আসে না।
৪। তাপের তারতম্য (thermal change) হইতে পারে বা নাও হইতে পারে।	৪। তাপের তারতম্য হইবেই।
৫। পদার্থের ওজনের কোন তারতম্য হয় না।	৫। মূল পদার্থ ও পরিবর্তিত পদার্থের ওজন এক থাকে না।
৬। কোন নূতন পদার্থ উৎপন্ন হয় না।	৬। নূতন পদার্থ উৎপন্ন হইবেই।

দ্রষ্টব্য : (ক) পদার্থ-বিদ্যা পদার্থের বাহ্যিক পরিবর্তনের বিষয় আলোচনা করে; রসায়ন-বিদ্যা রাসায়নিক পরিবর্তনের বিষয় আলোচনা করে।

(খ) রাসায়নিক পরিবর্তন রাসায়নিক ক্রিয়ার ফল।

৪৫। **তাপোৎপাদক** (Exothermic) ও **তাপশোষক** (Endothermic) **প্রক্রিয়া ঃ** যে রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় তাপ উদ্ভূত হয় (evolve) তাহাকে **তাপোৎপাদক প্রক্রিয়া** বলে। যখন কয়লা (কারবন) জ্বলে তখন তাপ উদ্ভূত হয় এবং কারবন্ ও অক্সিজেনের মিশ্রণে কারবন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

যে রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় তাপ শোষিত (absorb) হয় তাহাকে **তাপশোষক প্রক্রিয়া** বলে। কয়লা (কারবন) ও গন্ধক (সাল্‌ফার) একসঙ্গে গরম করিলে তাপ শোষিত হয় এবং কারবন ডাই-সাল্‌ফাইড উৎপন্ন হয়।

৪৬। **মৌলিক** (Element) ও **যৌগিক** (Compound) **পদার্থ ঃ** সমস্ত বিশুদ্ধ পদার্থকে দুই ভাগে ভাগ করা যায়। যথা ঃ (ক) **মৌলিক পদার্থ ঃ** যে পদার্থকে কোন রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় দুই বা ততোধিক পৃথক গুণবিশিষ্ট পদার্থে বিশ্লিষ্ট করা যায় না তাহাকে **মৌলিক পদার্থ** বা **মৌল** বলে। মৌলিক পদার্থের অণু একই জাতীয় পরমাণু দ্বারা গঠিত। যথা—হাইড্রোজেন, অক্সিজেন। হাইড্রোজেনের অণু=দুইটি হাইড্রোজেনের পরমাণু। ইহাদের শত চেষ্টা করিয়া ভাঙ্গিয়া কোন নূতন গুণবিশিষ্ট পদার্থ পাওয়া যায় না। বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন হইতে কোনও উপায়ে হাইড্রোজেন ছাড়া অন্য কোনও পদার্থ পাওয়া যায় না। মনে রাখিবে, হাইড্রোজেন অন্য পদার্থের সঙ্গে যুক্ত হইয়া নূতন পদার্থ উৎপন্ন করিতে পারে, যথা জল। আজ পর্যন্ত 92টি মৌলিক পদার্থের অস্তিত্ব জানা গিয়াছে। ইহাদের মধ্যে চারিটি মৌলিক পদার্থ প্রকৃতিতে পাওয়া যায় না। ইহাদিগকে কৃত্রিমভাবে উৎপন্ন করা যায়।

মৌলিক পদার্থের আবিষ্কার চমকপ্রদ কাহিনী। প্রাচীনকালে পণ্ডিতগণ মনে করিতেন যে, মাটি, জল, বায়ু, আগুন ও আকাশ (নাম পঞ্চভূত)—এই পাঁচটি মৌলিক পদার্থ দ্বারা পৃথিবীর যাবতীয় বস্তু গঠিত। বিজ্ঞানী স্ট্যাহ্‌ল সপ্তদশ শতাব্দীতে **ফ্লজিস্টন** (phlogiston) নামক একটি মূল পদার্থ কল্পনা করেন। তিনি বলেন সমস্ত ধাতু ও দাহ্য পদার্থে ফ্লজিস্টন আছে। ধাতু পোড়াইলে ফ্লজিস্টন চলিয়া যায় এবং ভস্ম পড়িয়া থাকে। সুতরাং ফ্লজিস্টনবাদ অনুসারে ভস্মের ওজন ধাতুর ওজনের চেয়ে কম হওয়া উচিত কিন্তু তাহা প্রকৃতপক্ষে হয় না। সুতরাং ফ্লজিস্টনবাদ পরিত্যক্ত হয়। 1770 হইতে 1786 পর্যন্ত এই ষোল বৎসরের মধ্যে **শালে** (Scheele), **প্রিস্‌ট্‌লী** (Priestley), **ক্যাভেনডিশ** (Cavendish) ও **ল্যাভয়সিয়ার**

(Lavoisier) মৌলিক পদার্থ সম্পর্কে যে আবিষ্কার করেন তাহারই ফলে আধুনিক রসায়নের বিজয় অভিযান সুরু হয়। সুইডিশ বিজ্ঞানী শীলে ডাক্তারের কম্পাউণ্ডার ছিলেন। তিনি বায়ুপূর্ণ বোতলের মধ্যে ভিজা লোহার টুকরা রাখিয়া বোতলকে জলের উপর উপুড় করিয়া রাখিয়া দেন। পরে লক্ষ্য করেন যে, বোতলের মধ্যের পাঁচ ভাগের এক ভাগ বায়ুর স্থানে জল প্রবেশ করিয়াছে। তিনি বোতলে টিন ও ফসফরাস পোড়াইয়া লক্ষ্য করেন যে বায়ুর পাঁচ ভাগের একভাগ কমিয়া যায়। বাকী চারভাগ বায়ুতে জ্বলন্ত মোমবাতি নিভিয়া যায়, ইন্দুর রাখিলে দম বন্ধ হইয়া মরিয়া যায়। তিনি সীসাভস্ম ও পারদভস্ম পোড়াইয়া এক রকম গ্যাস প্রস্তুত করেন যাহাতে জ্বলন্ত মোমবাতি অধিক উজ্জ্বলভাবে জ্বলে এবং ইন্দুরও বাঁচিয়া থাকে। তিনি বায়ুর যে উপাদানে মোমবাতি নিভিয়া যায় তাহার নাম দেন **অপ-বায়ু** (foul air), অন্য উপাদানের নাম দেন **অগ্নি-বায়ু** (fire-air)।

৪৪নং চিত্র—শীলে

ব্রিটিশ বিজ্ঞানী প্রিস্টলী বায়ুতে পারদকে লেন্সের সাহায্যে সূর্যরশ্মিকে কেন্দ্রীভূত করিয়া উৎপন্ন তাপের সাহায্যে উত্তপ্ত করিয়া পারদভস্ম, প্রস্তুত করেন। আবার পারদভস্মকে বদ্ধ পাত্রে উত্তপ্ত করিয়া এক গ্যাস উৎপাদন করেন যাহাতে জ্বলন্ত মোমবাতি উজ্জ্বলতর ভাবে জ্বলে। তিনি ইহার নাম দেন ফ্লজিস্টনহীন বায়ু। তখনও ফ্লজিস্টনবাদ পরিত্যক্ত হয় নাই।

ল্যাভয়সিয়ারের অক্সিজেন সম্পর্কে গবেষণা ফ্লজিস্টনবাদের মূলে কুঠারাঘাত করে। এই পরীক্ষার কথা পরে বলা হইয়াছে। তিনি ওজন করিয়া দেখান যে, পারদভস্মের যতটুকু ওজন বাড়ে বোতলের বায়ুর ওজন ততটুকু কমে। তিনি সিদ্ধান্ত করেন যে, বায়ুতে দুইরকম গ্যাস আছে। একটি গ্যাস দহনে সাহায্য করে। তিনি ইহার নাম দেন **অক্সিজেন**। তিনিই প্রথম বলেন আগুন জ্বলিবার সময় বা ধাতু পুড়িবার সময় অক্সিজেন

ইহাদের সঙ্গে সংযুক্ত হয়। ফ্লজিস্টনের কোন অস্তিত্ব নাই। তিনিই দেখান বায়ু একক মৌলিক পদার্থ নয়।

বিজ্ঞানী ক্যাভেনডিশ একটি ছিপি-আঁটা বোতলে প্রজ্বলন গ্যাস (হাইড্রোজেন) ও অক্সিজেন গ্যাস ভর্তি করিয়া ইহার মধ্যে ব্যাটারি হইতে বিদ্যুতের স্ফুলিঙ্গ উৎপন্ন করিলেন এবং দেখিলেন যে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন মিলিয়া জল প্রস্তুত হইয়াছে। কিন্তু ক্যাভেনডিশ প্রজ্বলন বায়ুকে ফ্লজিস্টনপূর্ণ জল বলেন। ল্যাভয়সিয়ার বলেন যে জলে ফ্লজিস্টন নাই। জল কোন মৌলিক পদার্থ নয়। ইহা অক্সিজেনের ও হাইড্রোজেনের যৌগিক পদার্থ, সুতরাং ল্যাভয়সিয়ার ফ্লজিস্টনবাদকে বিদায় করিয়া আধুনিক রসায়নের ভিত্তি স্থাপন করেন। তিনিই দেখান পঞ্চভূত—মাটি, বায়ু, জল, আগুন কোন মৌলিক পদার্থ নয়। মাটি বহু রকম মৌলিক পদার্থ দ্বারা গঠিত। আগুন কোন পদার্থই নয়। অক্সিজেনের সহিত দাহ্য বস্তুর মিলনে আগুন উৎপন্ন হয়। ল্যাভয়সিয়ার অনেক মৌলিক পদার্থ অবিষ্কার করেন।

দ্রষ্টব্য ঃ ইলেক্‌ট্রোনীয় মতবাদ অনুসারে যে পদার্থের পরমাণুর নিউক্লিয়াসে একই স্থির মানের ধনাত্মক তড়িৎ আধান (electric charge) থাকে তাহাকে মৌলিক পদার্থ বলে। (ইলেক্‌ট্রোনীয় মতবাদ পরে বর্ণিত হইয়াছে)।

(খ) **যৌগিক পদার্থঃ** বিশ্লেষণের ফলে যে পদার্থ হইতে দুই বা ততোধিক সম্পূর্ণ পৃথক-গুণবিশিষ্ট মৌলিক পদার্থ পাওয়া যায় তাহাকে **যৌগিক পদার্থ** বা **যৌগ** বলে। দুই বা ততোধিক মৌলিক পদার্থের নির্দিষ্ট অনুপাতে রাসায়নিক মিলনে যৌগিক পদার্থ উৎপন্ন হয়। এই মিলন শুধু মিশ্রণ নয়। যৌগিক পদার্থের অণু বিভিন্ন-জাতীয় পরমাণু দ্বারা গঠিত। যৌগিক পদার্থের পরমাণু থাকিতে পারে না, যথা—জল, জলের অণু হাইড্রোজেনের ও অক্সিজেনের পরমাণু দ্বারা গঠিত। জলকে বিশ্লিষ্ট করিলে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন পাওয়া যায়। জলের, হাইড্রোজেনের ও অক্সিজেনের গুণ সম্পূর্ণ পৃথক। জ্বলন্ত বাতি জলে ডুবাইলে নিভিয়া যায়, জল জ্বলে না, ইহাকে হাইড্রোজেনে রাখিলে হাইড্রোজেন জ্বলিয়া উঠে কিন্তু বাতি নিভিয়া যায়। অক্সিজেন জ্বলে না কিন্তু বাতি উজ্জ্বলভাবে জ্বলে। চিনি মিষ্ট কিন্তু চিনিকে বিশ্লিষ্ট করিলে কারবন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন পাওয়া যায়। ইহারা মিষ্ট নয়। সুতরাং জল ও চিনি যৌগিক পদার্থ। মৌলিক পদার্থ দ্বারা গঠিত হইলেও যৌগিক পদার্থের গুণ মৌলিক পদার্থের গুণ হইতে পৃথক।

মোটা পরীক্ষা-নলে সামান্য পরিমাণ লালবর্ণের মারকিউরিক অক্সাইড গুঁড়া লও। পরীক্ষা-নলকে উত্তপ্ত কর। পরীক্ষা-নলে অর্ধ-প্রজ্বলিত শলাকা প্রবেশ করাও। শলাকা পূর্ণভাবে প্রজ্বলিত হয়। সুতরাং ইহা অক্সিজেন। পরীক্ষা-নলের শীতল অংশে মারকারির সাদা বিন্দু দেখা যায়। এই পরীক্ষা হইতে বুঝা যায়, মারকিউরিক অক্সাইড মারকারি ও অক্সিজেনের যৌগিক পদার্থ। মারকারি ও অক্সিজেনকে বিযুক্ত করিলে আর কোন পৃথক পদার্থ পাওয়া যায় না। সুতরাং ইহারা মৌলিক পদার্থ।

পৃথিবীর যাবতীয় যৌগিক পদার্থ 92টি মৌলিক পদার্থের বিভিন্ন সমবায়ে গঠিত। ভূপৃষ্ঠ দশটি মৌলিক পদার্থ যথা, অক্সিজেন, সিলিকন, অ্যালুমিনিয়াম, লোহা, ক্যালসিয়াম, সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম, হাইড্রোজেন, কারবন ও ইহাদের সহযোগে উৎপন্ন যৌগিক পদার্থে গঠিত হয়। ইহাদের মধ্যে অক্সিজেন ও সিলিকনের ভাগ প্রায় 75%। মৌলিক পদার্থের অধিকাংশই প্রকৃতিতে যুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায়, যথা লোহা, সোডিয়াম। কতকগুলিকে যুক্ত ও মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় যথা অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন। মাত্র কয়েকটি মৌলিক পদার্থকে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায়, যথা সোনা, রূপা। প্রায় পঁচিশটি মৌলিক পদার্থকে প্রকৃতিতে পর্যাপ্ত পরিমাণে পাওয়া যায়। অন্য মৌলিক পদার্থের পরিমাণ কম। কারবনের যৌগিক পদার্থের সংখ্যা এত অধিক যে, ইহাদের পৃথকভাবে আলোচনা করা হয়। এই শাখাকে **জৈব রসায়ন** (Organic Chemistry) বলে। কারণ কারবনের যৌগিক পদার্থের প্রাচুর্য জীবজগতে অত্যধিক। পরমাণু বিজ্ঞানীরা নেপচুনিয়াম, ক্যালিফোর্ণিয়াম ইত্যাদি দশটি কৃত্রিম মৌলিক পদার্থ আবিষ্কার করেন।

কয়েকটি সাধারণ যৌগিক পদার্থ ও ইহাদের উপাদান :—

যৌগিক পদার্থ	মৌলিক পদার্থ
জল	হাইড্রোজেন + অক্সিজেন
খাদ্য লবণ	সোডিয়াম + ক্লোরিন
চিনি	কারবন + হাইড্রোজেন + অক্সিজেন
শ্বেতসার	„ „ „
ছানা	„ „ „ + নাইট্রোজেন
তেল	কারবন + হাইড্রোজেন + অক্সিজেন + সালফার

নাইট্রিক অ্যাসিড	নাইট্রোজেন+অক্সিজেন+হাইড্রোজেন
হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড	হাইড্রোজেন+ক্লোরিন
সালফিউরিক অ্যাসিড	হাইড্রোজেন+অক্সিজেন+সালফার
বালি	সিলিকন+অক্সিজেন
মাটি	অ্যালুমিনিয়াম+সিলিকন+অক্সিজেন+হাইড্রোজেন
তুঁতে	তামা+সালফার+অক্সিজেন
কারবন ডাই-অক্সাইড	কারবন+অক্সিজেন

যৌগিক পদার্থ বিশ্লেষণ করিলে মৌলিক পদার্থ পাওয়া যায়। কয়েকটি উদাহরণ নিম্নে দেওয়া গেল :—

(i) জলের সহিত অ্যালুমিনিয়াম পাউডার ফুটাইলে অ্যালুমিনিয়াম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হয়। হাইড্রোজেন মৌলিক অবস্থায় বাহির হয়। আবার স্টীম (জল) ও ক্লোরিন লোহিত তপ্ত পোর্সলেন নলের মধ্য দিয়া অতিক্রম করাইলে জলের হাইড্রোজেন ক্লোরিনের সঙ্গে যুক্ত হয় এবং অক্সিজেনকে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায়।

(ii) তামা বায়ুতে দহন করিলে কালো কপার অক্সাইড উৎপন্ন হয়। আবার কপার অক্সাইডকে কয়লার (কারবনের) গুঁড়ার সহিত মিশাইয়া গরম করিলে কপার অক্সাইডের অক্সিজেন কারবনের সঙ্গে যুক্ত হয় এবং লাল ধাতব কপার মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায়।

(iii) হিঙ্গুল (Cinnabar) পারার (মারকারির) ও সালফারের যৌগিক পদার্থ। ইহাকে বায়ুতে দহন করিলে ইহার সালফার বায়ুর অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হয় এবং পারদকে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায়।

৪৭। **ধাতু ও অধাতুর তুলনা :** মৌলিক পদার্থকে ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মানুযায়ী তিন ভাগে ভাগ করা যায় ; যথা **ধাতু** (Metal), **অধাতু** (Nonmetal) ও **ধাতুকল্প** (Metalloid)। ধাতু ও অধাতুর মধ্যে নিম্নলিখিত পার্থক্য দৃষ্ট হয়।

(১) **ভৌত ধর্ম :**

(ক) বিশুদ্ধ ধাতুর তল হইতে আলোকের প্রতিফলন হয় বলিয়া ধাতুকে **উজ্জ্বল**, চকচকে ও মসৃণ দেখায়। অধাতু **অনুজ্জ্বল** হয়। ব্যতিক্রম— আয়োডিন, গ্রাফাইট ও হীরক অধাতু হইলেও উজ্জ্বল।

(খ) ধাতু **তড়িৎ-ধনাত্মক** (electro-positive)। অধাতু সাধারণতঃ **তড়িৎ-ঋণাত্মক** (electro-negative)। ব্যতিক্রম—হাইড্রোজেন অধাতু হইলেও তড়িৎ-ধনাত্মক।

(গ) ধাতু তড়িৎ ও তাপের **সু-পরিবাহী**। অধাতু তড়িৎ ও তাপের **কু-পরিবাহী**। ব্যতিক্রম—অধাতু হইলেও গ্রাফাইট তড়িতের সু-পরিবাহী।

(ঘ) ধাতু সাধারণ উষ্ণতায় কঠিন হয়। অধাতু সাধারণ উষ্ণতায় কঠিন বা গ্যাস হয়। ব্যতিক্রম—পারদ ধাতু হইলেও তরল। ব্রোমিন অধাতু হইলেও তরল।

(ঙ) ধাতু ঘাতসহনশীল (malleable) ও নমনীয়, ধাতুর আপেক্ষিক গুরুত্ব বেশী। ধাতুকে পিটাইয়া পাতলা পাতে পরিণত করা যায়। অ্যালুমিনিয়ামের পাত পাতলা কাগজের মত হয়। ধাতুকে টানিয়া তার প্রস্তুত করা যায়। সোনা পিটাইয়া এত পাতলা করা যায় যে ইহার বেধ (thickness) 0·000008 সেঃ মিঃ হয়। অ্যালুমিনিয়ামের পাত 0·00002 সেঃ মিঃ হয়। এক আউন্স টাংস্টেন (Tungsten) হইতে 12500 গজ তার প্রস্তুত করা যায়। অধাতু ঘাতসহনশীল বা নমনীয় নয়, বরঞ্চ কঠিন; অধাতু ভঙ্গুর (brittle)। ইহাদের ঘনাঙ্ক কম। ব্যতিক্রম—সোডিয়াম ও পটাসিয়াম জল অপেক্ষা হাল্‌কা। অ্যাণ্টিমনি ও বিস্‌মাথ ধাতু হইলেও ভঙ্গুর।

(চ) ধাতুকে আঘাত করিলে ঝন্‌ঝন্ শব্দ করে। অধাতুকে আঘাত করিলে এইরূপ শব্দ করে না।

(ছ) ধাতু খুব উচ্চ উষ্ণতায় বাষ্পীভূত হয়। অধাতু কম উষ্ণতায় বাষ্পীভূত হয়। ব্যতিক্রম—পারদ কম উষ্ণতায় এবং কারবন, সিলিকন, বোরন উচ্চ উষ্ণতায় বাষ্পীভূত হয়।

(২) **রাসায়নিক ধর্ম :**

(ক) ধাতুর অক্সাইড ক্ষারীয় গুণবিশিষ্ট; অধাতুর অক্সাইড অ্যাসিডিক গুণবিশিষ্ট। অর্থাৎ ধাতব অক্সাইড অ্যাসিডের সঙ্গে যুক্ত হইয়া লবণ ও জল উৎপন্ন করে। অধাতব অক্সাইড জলের সঙ্গে অ্যাসিড উৎপন্ন করে। ব্যতিক্রম—সোডিয়াম, পটাসিয়াম প্রভৃতি ধাতুর অক্সাইড জলের সঙ্গে তীব্র ক্ষার উৎপন্ন করে। জিঙ্ক, টিন প্রভৃতি ধাতুর অক্সাইড অ্যাসিডিক। ইহারা ক্ষারের সঙ্গে লবণ উৎপন্ন করে।

(খ) ধাতু সাধারণতঃ অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন করে, কিন্তু সব ধাতু ইহা করে না।

(গ) ধাতু হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হয় না কিংবা দুঃস্থিত হাইড্রাইড গঠন করে। অধাতু সুস্থিত হাইড্রাইড গঠন করে।

(ঘ) ধাতুর অণু একপরমাণুক, অধাতুর অণু বহুপরমাণুক।

অতএব দেখা যায় যে, ধাতু ও অধাতুর মধ্যে চুলচেরা পার্থক্য করা যায় না। কতকগুলি মৌল, যথা—অ্যান্টিমনি ও আরসেনিক ধাতুর ও অধাতুর উভয়ের কতকগুলি বিশিষ্ট গুণসম্পন্ন হয়। ইহাদিগকে **ধাতুকল্প** (Metalloid) বলে।

৪৮। নিম্নে বিশিষ্ট মৌলিক পদার্থের তালিকা দেওয়া হইল।

অধাতুঃ (পাঃ ওজন = পারমাণবিক ওজন)

নাম	সঙ্কেত	পাঃ ওজন	নাম	সঙ্কেত	পাঃ ওজন
Hydrogen (হাইড্রোজেন)	H	1	Phosphorus (ফস্‌ফরাস)	P	30·98
Oxygen (অক্সিজেন)	O	16	Bromine (ব্রোমিন)	Br	79·91
Nitrogen (নাইট্রোজেন)	N	14	Fluorine (ফ্লোরিন)	F	19
Sulphur (সালফার)	S	32	Chlorine (ক্লোরিন)	Cl	35·46
Carbon (কারবন বা কয়লা)	C	12	Iodine (আয়োডিন)	I	127

ধাতুঃ

Potassium (Kalium) (পটাসিয়াম)	K	39·1	Zinc (জিঙ্ক, দস্তা)	Zn	65·38
Sodium (Natrium) (সোডিয়াম)	Na	23	Iron (Ferrum) (আয়রন, লোহা)	Fe	55 85

নাম	সঙ্কেত	পাঃ ওজন	নাম	সঙ্কেত	পাঃ ওজন
Calcium (ক্যালসিয়াম)	Ca	40	Tin (Stannum) (টিন)	Sn	118·7
Magnesium (ম্যাগনেসিয়াম)	Mg	24·32	Lead (Plumbum) (লেড, সীসা)	Pb	207·22
Aluminium (অ্যালুমিনিয়াম)	Al	26 97	Copper (Cuprum) (কপার, তামা)	Cu	63·54
Mercury (Hydrargyrum) (মারকারি, পারদ)	Hg	200·6	Silver (Argentum) (সিলভার, রূপা)	Ag	107·88

ধাতুকল্প ঃ

Arsenic (আরসেনিক)	As	74·9	Antimony (Stibium) (অ্যান্টিমনি)	Sb	121·76

মৌলের মধ্যে হাইড্রোজেনের পরই হিলিয়াম সর্বাপেক্ষা লঘু এবং ইউরেনিয়াম সর্বাপেক্ষা ভারী মৌল।

৪৯। **মিশ্র পদার্থ** (Mechanical mixture) **ও যৌগিক পদার্থ** (Chemical compound) ঃ দুই বা ততোধিক মৌলিক বা যৌগিক পদার্থকে মিশাইলে নিম্নলিখিত দুই প্রকার ঘটনা হইতে পারে :—

(ক) **মিশ্র পদার্থ ঃ** দুই বা ততোধিক মৌলিক বা যৌগিক পদার্থ নিজেদের গুণ ও প্রকৃতি বজায় রাখিয়া যে কোন ওজনের অনুপাতে পাশাপাশি মিশিয়া থাকিতে পারে। বায়ু অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের মিশ্র পদার্থ। বায়ুর নিজস্ব কোন ধর্ম নাই। অক্সিজেনের ও নাইট্রোজেনের যুক্ত ধর্মই বায়ুর ধর্ম। মাটি বিভিন্ন যৌগিক পদার্থের মিশ্রণে গঠিত।

(খ) **যৌগিক পদার্থ ঃ** দুই বা ততোধিক মৌলিক পদার্থ নির্দিষ্ট ওজনের অনুপাতে রাসায়নিক সংযোগে নিজেদের গুণ পরিবর্তিত করিয়া নূতন গুণবিশিষ্ট পদার্থ উৎপন্ন করে। মনে রাখিবে যে, দুইটি মৌলিক পদার্থ মিশাইলেই যৌগিক পদার্থ হয় না। অক্সিজেন ও হাইড্রোজেন মিশাইলেই যৌগিক পদার্থ জল হয় না। ইহা হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের একটি মিশ্রণ মাত্র। এই মিশ্রণে অগ্নি সংযোগ করিলে তবে যৌগিক পদার্থ জল হয়।

মিশ্র ও যৌগিক পদার্থের পার্থক্য ঃ

(ক) মিশ্র পদার্থে প্রত্যেক উপাদানের গুণ অর্থাৎ উপাদানের অণুর গুণ অপরিবর্তিত থাকে। যৌগিক পদার্থে উপাদানের অণুর গুণ সম্পূর্ণ বিলুপ্ত হইয়া নূতন-গুণবিশিষ্ট অণু উৎপন্ন হয়।

দৃষ্টান্ত ঃ লোহার বর্ণ কালো। লোহা চুম্বক দ্বারা আকৃষ্ট হয় এবং পাতলা (dilute) সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয়। গন্ধকের বর্ণ হলদে এবং ইহা কারবন ডাই-সালফাইডে (CS_2) দ্রবীভূত হয়। গন্ধক চুম্বক দ্বারা আকৃষ্ট হয় না বা অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয় না। লোহার ও গন্ধকের এই ধর্মগুলি স্মরণ করিয়া নিম্নলিখিত পরীক্ষা কর।

পরীক্ষা (D) ঃ গন্ধকের গুঁড়া ও লোহাচুর খলে (mortar) মুষল (pestle) দিয়া ভাল করিয়া মিশাও। (i) কাগজের উপর মিশ্রণ ছড়াইয়া দাও। বিবর্ধক (magnifying) লেন্স দিয়া কালো লোহা ও হল্‌দে গন্ধকের কণা বিচ্ছিন্ন ভাবে পাশাপাশি দেখা যায়। মিশ্র পদার্থের বর্ণ অনেকটা বাদামি হয়। (ii) মিশ্রণের একটু উপরে চুম্বক ধর। লোহাচুর চুম্বক দ্বারা আকৃষ্ট হইয়া উঠিয়া আসে, গন্ধক আকৃষ্ট হয় না। (iii) পরীক্ষানলে (test tube) পাতলা সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড ঢালিয়া ইহাতে একটু মিশ্রণ ফেলিলে লোহাচুর দ্রবীভূত হয় এবং গন্ধহীন গ্যাস উদ্ভূত হয়। পরীক্ষা-নলের মুখে প্রজ্বলিত শলাকা ধরিলে গ্যাস সশব্দে জ্বলিয়া উঠে। হাইড্রোজেন গ্যাস বাহির হইতেছে বুঝা যায়। হল্‌দে গন্ধক পরীক্ষানলের তলায় অদ্রবীভূত অবস্থায় পড়িয়া থাকে। (iv) পরীক্ষা-নলে কারবন ডাই-সাল্‌ফাইড ঢালিয়া একটু মিশ্রণ ফেল। পরীক্ষা-নলকে ভালরূপে নাড়িয়া দাও। গন্ধক দ্রবীভূত হয়। কালো লোহা দ্রবীভূত হয় না, পরীক্ষা-নলে পড়িয়া থাকে।

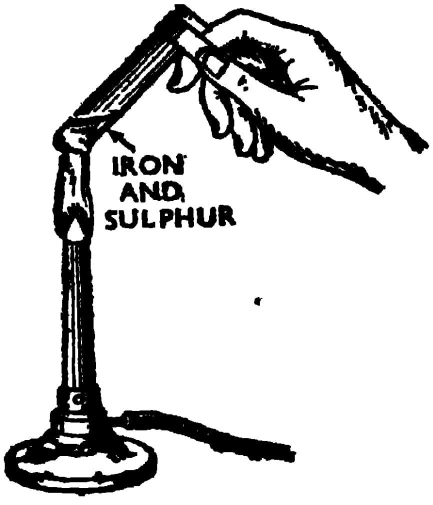
ফিল্‌টার কাগজের সাহায্যে কারবন ডাই-সাল্‌ফাইডের দ্রবণকে ছাঁকিয়া লও। পরিস্রুত দ্রবণকে বাতাসে রাখিয়া দাও। কারবন ডাই-সালফাইড উপিয়া যায়। হল্‌দে গন্ধক পাত্রে পড়িয়া থাকে। ফিল্‌টার কাগজের উপর লোহাচুর পড়িয়া থাকে।

অতএব দেখা যায়, মিশ্রণে লোহার ও গন্ধকের গুণ বজায় থাকে। লোহা চুম্বক দ্বারা আকৃষ্ট হয়, সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয়, কিন্তু কারবন ডাই-সালফাইডে দ্রবীভূত হয় না। আবার গন্ধক চুম্বক দ্বারা আকৃষ্ট হয় না,

সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয় না, কিন্তু কারবন ডাই-সাল্‌ফাইডে দ্রবীভূত হয়।

পরীক্ষা (D)ঃ 4 গ্রাম গন্ধক ও 7 গ্রাম লোহাচুর খলে মাড়িয়া ভালরূপে মিশাও। এই মিশ্রণকে পরীক্ষানলে বুনসেন দীপে খুব গরম কর। লোহা ও গন্ধক রাসায়নিকভাবে যুক্ত হইয়া ছাইবর্ণের শক্ত নূতন যৌগিক পদার্থ লোহার সাল্‌ফাইড (FeS) উৎপন্ন করে।

(i) নূতন দ্রব্য শীতল করিয়া গুঁড়া কর। গুড়াকে কালো দেখায়। ইহাকে সাদা কাগজে ছড়াও। গুঁড়াকে লেন্স দ্বারা দেখ। হল্‌দে গন্ধক দেখা যায় না। লোহার কণাও দেখা যায় না। (ii) গুঁড়ার উপর চুম্বক ধর, কোন কণাই আকৃষ্ট হয় না। (iii) পরীক্ষা-নলে কারবন ডাই-সাল্‌ফাইড লইয়া কিছু গুঁড়া ফেল। ইহাকে ছাঁকিয়া লও। পরিস্রুত তরলকে বাষ্পীভূত করিলে কোন গন্ধক পাওয়া যায় না। ফেরাস সালফাইডের গন্ধক কার্বন ডাই-সাল্‌ফাইডে দ্রবীভূত হয় না। (iv) পরীক্ষা-নলে পাতলা সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড লইয়া ইহাতে গুঁড়া ফেল। পচা ডিমের গন্ধযুক্ত একটি গ্যাস উদ্ভূত হয়। কিন্তু হাইড্রোজেন উদ্ভূত হয় না। পরীক্ষা-নলের মুখে জ্বলন্ত শলাকা ধরিলে গ্যাস নীলাভ শিখার সহিত জ্বলে কিন্তু শব্দ হয় না, সুতরাং লোহার ও গন্ধকের গুণ লোপ পাইয়াছে।



৪৫ নং চিত্র

(খ) মিশ্র পদার্থের উপাদানগুলি বিচ্ছিন্নভাবে অবস্থিত থাকে বলিয়া সহজ যান্ত্রিক উপায়ে পৃথক করা যায়। যৌগিক পদার্থের উপাদানগুলি অবিচ্ছিন্নভাবে সংযুক্ত থাকে বলিয়া এইরূপ সহজ উপায়ে পৃথক করা যায় না।

দৃষ্টান্তঃ উপরোক্ত মিশ্রণে লোহা চুম্বক দ্বারা ও গন্ধক কারবন-ডাই-সালফাইড দ্বারা পৃথক করা যায়, কিন্তু যৌগিক পদার্থ FeS-এর লোহা বা গন্ধক এইরূপ ভাবে পৃথক করা যায় না। লোহাচুর ও গন্ধকের মিশ্রণকে পরীক্ষা-নলে লইয়া জল ঢালিলে লোহা ভারী বলিয়া পরীক্ষা-নলের তলদেশে পড়িয়া থাকে এবং গন্ধক হাল্‌কা বলিয়া উপরে ভাসে। ফেরাস সালফাইডকে জলে

ফেলিলে লোহাচুর ও গন্ধক দুইটি স্তরে বিভক্ত হয় না। যৌগিক পদার্থের উপাদান রাসায়নিক উপায়ে পৃথক করা যায়।

(গ) মিশ্রণ গঠনের সময় উপাদানগুলির মধ্যে কেবল ভৌত পরিবর্তন ঘটে। সুতরাং মিশ্র পদার্থ প্রস্তুতের সময় সাধারণতঃ তাপ বা আলো বা তড়িৎশক্তি উদ্ভূত বা শোষিত হয় না। যৌগিক পদার্থ গঠনের সময় উপাদানগুলির রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে। সুতরাং যৌগিক পদার্থ প্রস্তুতের সময় তাপ বা আলোক বা তড়িৎশক্তি হয় উদ্ভূত, না হয় তাপ শোষিত হইবেই।

দৃষ্টান্ত ঃ লোহা ও গন্ধক মিশাইলে তাপের তারতম্য হয় না। কিন্তু ইহারা রাসায়নিকভাবে মিশ্রিত হইলে প্রভূত তাপ উদ্ভূত হয়। গন্ধক ও দস্তা রাসায়নিকভাবে মিশ্রিত হইলে এত তাপ উদ্ভূত হয় যে বিস্ফোরণ ঘটে।

(ঘ) মিশ্র পদার্থ কঠিন বা তরল হইলে ইহার নির্দিষ্ট গলনাঙ্ক (melting point) বা স্ফুটনাঙ্ক (boiling point) থাকে না। বিশুদ্ধ যৌগিক কঠিন পদার্থের নির্দিষ্ট গলনাঙ্ক এবং তরল পদার্থের নির্দিষ্ট স্ফুটনাঙ্ক থাকে।

(ঙ) মিশ্র পদার্থে উপাদানগুলি ওজনের যে-কোন অনুপাতে থাকিতে পারে, কিন্তু যৌগিক পদার্থে উপাদানগুলি ওজনের নির্দিষ্ট অনুপাতে বর্তমান থাকে।

দৃষ্টান্ত ঃ লোহা ও গন্ধক যে কোন ওজনের অনুপাতে মিশিতে পারে। 100 মণ লোহাচুর 2 মণ গন্ধকের সহিত মিশিয়া থাকিতে পারে কিন্তু FeSতে লোহা ও গন্ধক 55·85 : 32 অনুপাতে সংযুক্ত হয়। ইহার একচুলও কম-বেশী হয় না।

(চ) (মিশ্র পদার্থের সাধারণতঃ বিভিন্ন অংশের বিভিন্ন গঠন ও গুণ দেখা যায়। এইরূপ পদার্থকে **অসমসত্ত্ব** (Heterogeneous) বলে। বিশুদ্ধ যৌগিক পদার্থের সকল অংশেই একই গঠন ও গুণ দেখা যায়। এইরূপ পদার্থকে **সমসত্ত্ব** (Homogeneous) বলে।)

দৃষ্টান্ত ঃ মিশ্রণের কোন অংশে লোহার ভাগ বেশি, কোন অংশে গন্ধকের ভাগ বেশি থাকে যত ভাল ভাবেই উহাদের মিশানো হউক। FeSএর প্রত্যেক কণায় কণায় 4 ভাগ গন্ধক ও প্রায় 7 ভাগ লোহা থাকে।

অন্যান্য দৃষ্টান্ত : (1) হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন দুইই গ্যাস। হাইড্রোজেনে প্রজ্বলিত শলাকা প্রবেশ করাইলে হাইড্রোজেন জ্বলিয়া উঠে, কিন্তু শলাকা নিবিয়া যায়। অক্সিজেনে অর্ধপ্রজ্বলিত শলাকা প্রবেশ করাইলে শলাকা উজ্জ্বলভাবে জ্বলে, কিন্তু অক্সিজেন জ্বলে না। দুই ভাগ হাইড্রোজেন ও এক ভাগ অক্সিজেন মিশাইলে ইহাদের অবস্থার কোন পরিবর্তন হয় না। কিন্তু মিশ্রণে অগ্নিসংযোগ করিলে বিস্ফোরণ ঘটে এবং তরল জল উৎপন্ন হয়। জলের ধর্ম এবং অক্সিজেন ও হাইড্রোজেনের ধর্ম পৃথক। জলে প্রজ্বলিত শলাকা ঢুকাইলে ইহা নিবিয়া যায়। জলও জ্বলে না।

(iv) সোডিয়াম কঠিন ধাতু। ক্লোরিন হলুদ বর্ণের গ্যাস। সোডিয়াম জলকে বিশ্লেষণ করে। ক্লোরিন বিষাক্ত গ্যাস। সোডিয়াম ও ক্লোরিন যুক্ত হইয়া খাদ্য-লবণ প্রস্তুত হয়। ইহা বিষাক্তও নয়। ইহা জলকে বিশ্লেষিত করে না। সোডিয়াম ক্লোরাইডে সোডিয়াম 23 ভাগ ও ক্লোরিন 35·5 ভাগ থাকে।

দ্রবণের বিশেষত্ব : (১) যে কোন দ্রবণ (solution) **মিশ্র পদার্থ**. কিন্তু দ্রবণের সকল অংশেই সমান গঠন ও গুণ দেখা যায়। এক গ্লাস জলে চিনি গুলিলে জলের সকল অংশই সমান মিষ্ট হয়। দুধ জল, চর্বি, শর্করা ও প্রোটিনের মিশ্রণ। দ্রবণ মিশ্রণ হইলেও সমসত্ত্ব পদার্থ। (২) দ্রবণ প্রস্তুতের সময় তাপের তারতম্য হয়। জলে ঘন সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড গুলিলে তাপ উদ্ভূত হয় এবং অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড গুলিলে তাপ শোষিত হয়। (৩) নির্দিষ্ট উষ্ণতায় নির্দিষ্ট পরিমাণ দ্রাবক নির্দিষ্ট পরিমাণ দ্রাব দ্রবীভূত করিতে পারে। যৌগিক পদার্থের উপাদানের ন্যায় সম্পৃক্ত দ্রবণে উপাদানের অর্থাৎ দ্রাবকের ও দ্রাবের পরিমাণ নির্দিষ্ট থাকে। (৪) সম্পৃক্ত দ্রবণের স্ফুটনাঙ্ক ও গলনাঙ্ক নির্দিষ্ট থাকে।

দ্রবণের সঙ্গে যৌগিক পদার্থের কিছু সাদৃশ্য থাকা স্বত্ত্বেও দ্রবণ মিশ্র পদার্থ কারণ দ্রবণে কোন নূতন পদার্থ গঠিত হয় না, উপাদানের পৃথক গুণ বজায় থাকে। চিনির দ্রবণ মিষ্টি লাগে। চিনি ও জল পাতন ক্রিয়ায় সহজে পৃথক করা যায়।

৫০। **মিশ্র পদার্থের প্রকার :** মিশ্র পদার্থ নানাপ্রকারের হয়, যথা : (ক) মৌলিক পদার্থ ও যৌগিক পদার্থ ; যথা, বায়ু—অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের মিশ্রণ। টাকা, সিকি, আনি, গিনি, পিতল সবই বিভিন্ন ধাতুর মিশ্র

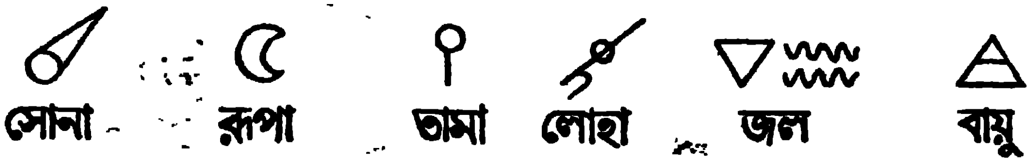
পদার্থ। (খ) যৌগিক পদার্থ ও যৌগিক পদার্থ; সমুদ্রজল=জল+লবণ। (গ) যৌগিক পদার্থ ও মৌলিক পদার্থ: কাজল কারবন ও তেলের মিশ্রণ। কারবন মৌলিক পদার্থ ও তেল যৌগিক পদার্থ। (ঘ) কঠিন ও কঠিন; যথা সঙ্কর ধাতু* (alloy): পিতল=তামা+দস্তা। (ঙ) তরল ও তরল; যথা জলে কোহল। (চ) গ্যাস ও গ্যাস; যথা বায়ু। (ছ) কঠিন ও তরল যথা জলে চিনি। (জ) তরল ও গ্যাস; যথা জলে CO_2। (ঝ) কঠিন ও গ্যাস; যথা, ধোঁয়া। (ঞ) কঠিন, তরল ও গ্যাস, যথা লেমোনেড।

৫১। মিশ্র পদার্থ ও যৌগিক পদার্থের পার্থক্য ঃ

মিশ্র পদার্থ	যৌগিক পদার্থ
১। উপাদান পাশাপাশি থাকে।	১। উপাদান অন্য পদার্থে পরিণত হয়।
২। মিশ্রণের গুণ উপাদানগুলির গুণের সমষ্টি। নূতন গুণের বিকাশ হয় না।	২। উপাদানগুলির গুণ লোপ পাইয়া স্বতন্ত্র গুণের বিকাশ হয়।
৩। মিশ্রণ সমসত্ত্ব ও অসমসত্ত্ব দুইই হইতে পারে, যথা চিনির দ্রবণ এবং বালি ও চিনির মিশ্রণ।	৩। যৌগিক পদার্থ সব সময়েই সমসত্ত্ব হয়।
৪। মিশ্রণের উপাদানগুলি সহজে পৃথক করা যায়।	৪। যৌগিক পদার্থের উপাদানগুলি সহজে পৃথক করা যায় না।
৫। মিশ্রণের উপাদানগুলি যে-কোন অনুপাতে মিশিতে পারে।	৫। যৌগিক পদার্থের উপাদানগুলি সর্বদা একটি নির্দিষ্ট অনুপাতে সংযুক্ত হয়।
৬। মিশ্রণ প্রস্তুতকালে তাপের বিনিময় হইতেও পারে, নাও হইতে পারে।	৬। যৌগিক পদার্থ প্রস্তুতকালে তাপ হয় উদ্ভূত হয়, না হয় শোষিত হয়।
৭। মিশ্রণের নির্দিষ্ট স্ফুটনাঙ্ক বা গলনাঙ্ক নাই।	৭। বিশুদ্ধ যৌগিক পদার্থের নির্দিষ্ট স্ফুটনাঙ্ক বা গলনাঙ্ক থাকে।

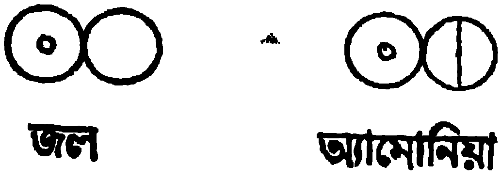
চিহ্ন (Symbol), সংকেত (Formula), সমীকরণ (Equation) ও যোজ্যতা (Valency)*

৫২। **(ক) চিহ্ন :** সহজ ও সরল প্রকাশ-শৈলী বিজ্ঞানের বিশেষত্ব। সুবিধা ও সরলতার জন্য মৌল, যৌগ ও রাসায়নিক প্রক্রিয়া সবই সংকেতের দ্বারা প্রকাশিত করা হয়। প্রাচীনকালে গ্রীক ও কিমিয়াবিদ বিজ্ঞানী কতকগুলি জটিল চিহ্ন দ্বারা পদার্থ প্রকাশ করিতেন, যথা—



৪৬নং চিত্র—জটিল চিহ্নদ্বারা পদার্থ প্রকাশ

এই জটিল চিহ্নের পরিবর্তে ডাল্টন সরল চিহ্নের প্রবর্তন করেন। মৌলিক পদার্থের পরমাণু বৃত্তাকার কণা দ্বারা প্রকাশ করেন এবং যৌগিক পদার্থের অণুগুলি মৌলিক পদার্থের পরমাণুর সাংকেতিক চিহ্নদ্বারা প্রকাশ করেন, যথা—



৪৭নং চিত্র

এই প্রণালীতে অণুর গঠন প্রকাশের প্রণালীও জটিলতর হয়। সুইডিস বিজ্ঞানী বার্জেলিয়াস সহজ ও সাধারণ প্রণালী আবিষ্কার করেন। ইহাতে ক্রিয়াগুলি সহজে বোধগম্য হয়।

মৌলের নামের প্রথম অক্ষর দ্বারা (যথা H দ্বারা Hydrogen) কিংবা একই আদি-অক্ষর-বিশিষ্ট অনেকগুলি নামের ক্ষেত্রে প্রথম ও উচ্চারিত দ্বিতীয় অক্ষর দ্বারা (যথা Cl ও Ca দ্বারা যথাক্রমে Chlorine ও Calcium) কিংবা মৌলের Latin নামের ক্ষেত্রে প্রথম দুই অক্ষর দ্বারা (যথা Na দ্বারা

---

* এই বিষয়গুলি সিলেবাস অনুসারে পুস্তকের শেষে পঠিতব্য কিন্তু ছাত্রদিগের পরবর্তী বিষয়গুলি বুঝিবার সুবিধার জন্য পূর্বেই এই বিষয়গুলির আলোচনা করা হইল।

Natrium বা Sodium) মৌলের নাম প্রকাশ করা হয়। মৌলের পরমাণুর চিহ্নকে ইংরাজীতে Symbol বলে।

চিহ্নের তিনটি কাজ ঃ (ক) ইহা মৌলের নাম প্রকাশ করে। (খ) ইহা একটি পরমাণু প্রকাশ করে। (গ) ইহা নির্দিষ্ট ওজন অর্থাৎ পারমাণবিক ওজন প্রকাশ করে। C বলিলে আমরা কারবন, এক পরমাণু কারবন ও 12 ভাগ কারবনের ওজন—তিনই বুঝি।

(খ) **সংকেত ঃ** মৌল বা যৌগ যে-কোন পদার্থের অণুকে **সংকেত** দ্বারা প্রকাশ করা যায়। মৌলিক ও যৌগিক অণু পরমাণুর সমবায়ে গঠিত হয়। সুতরাং পরমাণুর চিহ্ন লিখিয়া অণুর সংকেত প্রকাশ করা হয়।

মৌলের অণুর সংকেত ঃ মৌলের অণুর ক্ষেত্রে মৌলের সংকেতের ডানদিকে একটু নীচে মৌলের অণুতে পরমাণুর সংখ্যা লিখিতে হয়; যথা H_2 বলিলে দুই-পরমাণু-বিশিষ্ট একটি হাইড্রোজেন অণু বোঝায়।

হাইড্রোজেন অণুর সংকেত কখনও H+H, 2H, H2, H^2 এইরূপ লিখিবে না। 2H লিখিলে দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু বুঝাইবে। $2H_2$ দুইটি হাইড্রোজেন অণু এবং 3Cu-তিনটি কপারের অণু।

যৌগের অণুর সংকেত ঃ যৌগের অণুর ক্ষেত্রে বিভিন্ন মৌলের সংকেত পর পর লিখিয়া পূর্বের মত পরমাণু-সংখ্যা ডান দিকে নীচে লিখিতে হয়। H_2O বলিলে এক পরমাণু অক্সিজেন ও দুই পরমাণু হাইড্রোজেন বিশিষ্ট এক অণু জল বোঝায়। জলের অণুর সংকেত কখনও 2HO, HHO or H^2O লিখিবে না। মনে রাখিবে, উভয় ক্ষেত্রে সংকেতের বামদিকে একই লাইনে অণুর সংখ্যা এবং ডানদিকে একটু নীচে পরমাণুর সংখ্যা লিখিতে হয়। অণুতে পরমাণুর সংখ্যাকে Atomicity বলে।

অণুর সংকেতকে ইংরাজীতে **ফরমুলা** (Formula) বলে।

ফরমুলার চারিটি কাজ ঃ (ক) ইহা অণুতে মৌলের নাম প্রকাশ করে। (খ) ইহা একটি পদার্থের গঠন বা পরমাণুর সংখ্যা প্রকাশ করে। (গ) ইহা আণবিক (molecular) ওজন প্রকাশ করে। (ঘ) গ্যাসের বেলায় গ্রাম-অণুর আয়তন সাধারণ উষ্ণতায় ও চাপে 22·4 লিটার। (ঙ) আণবিক ওজনের মধ্যে পারমাণবিক ওজনের অনুপাত প্রকাশিত হয়।

$2H_2O$ বলিলে আমরা বুঝি যে—(ক) জলের দুই অণু। (খ) জলের

প্রত্যেক অণুতে দুইটি হাইড্রোজেনের পরমাণু ও একটি অক্সিজেনের পরমাণু আছে। (গ) জলের আণবিক ওজন $=2+16=18$।

ধাতু ও অধাতুর দ্বারা গঠিত অণুর সংকেতে ধাতুর ও হাইড্রোজেনের চিহ্ন পূর্বে বসে: লবণ বা সোডিয়াম ক্লোরাইড = একটি Na-পরমাণু + একটি Cl-পরমাণু = NaCl; কপার অক্সাইড = CuO; জল H_2O। দুইটি অধাতুর দ্বারা গঠিত অণুর সংকেতে অধিকতর তড়িৎ ঋণাত্মক (electro-negative) মৌল পূর্বে বসে, যথা অ্যামোনিয়া NH_3। দুই অধাতুর মধ্যে কঠিন মৌলের চিহ্ন পূর্বে বসে, যথা কারবন ডাই-অক্সাইড CO_2।

৫৩। রাসায়নিক সমীকরণ: যখনই কোন রাসায়নিক ক্রিয়া সংঘটিত হয় তখনই এক বা একাধিক পদার্থ ক্রিয়া করিয়া নূতন পদার্থ উৎপন্ন করে। রাসায়নিক প্রক্রিয়া সমীকরণ দ্বারা প্রকাশিত করা হয়। অর্থাৎ সমীকরণ রাসায়নিক প্রক্রিয়ার সংকেত। সমীকরণ নিম্নলিখিতভাবে প্রকাশ করা হয়:—(ক) **চিহ্ন ও ফরমুলার** সাহায্যে রাসায়নিক ক্রিয়ায় ক্রিয়াশীল ও উৎপন্ন পদার্থ প্রকাশ করা হয়। পরমাণু স্বাধীনভাবে থাকিতে পারে না, সেইজন্য মৌলের ও যৌগের সংকেত লিখিতে হয় অণুরূপে, পরমাণুরূপে নয়। অবশ্য যে সব অণু এক পরমাণু দ্বারা গঠিত তাহাদের অণু পরমাণু দ্বারা প্রকাশ করা হয়। (খ) মাঝখানে = চিহ্ন লিখিয়া বামদিকে ক্রিয়াশীল পদার্থের (raactant) ফরমুলা ও ডানদিকে উৎপন্ন পদার্থের (products) ফরমুলা লিখিতে হয়। (গ) ক্রিয়াশীল পদার্থের ফরমুলা + চিহ্ন দিয়া এবং উৎপন্ন পদার্থের ফরমুলাও + চিহ্ন দিয়া যোগ করিতে হয়। (ঘ) যদি রাসায়নিক প্রক্রিয়া দুই-তরফা (reversible) হয় অর্থাৎ উৎপন্ন পদার্থ হইতে সঙ্গে সঙ্গে পুনরায় ক্রিয়াশীল পদার্থ পুনরুৎপন্ন হয় তবে = চিহ্নের স্থানে $\rightleftharpoons$ চিহ্ন দিতে হয়। (ঙ) = কিংবা $\rightleftharpoons$ চিহ্নের অর্থ 'উৎপন্ন' করে। (চ) বামদিকে + চিহ্নের অর্থ 'ক্রিয়া' করে' এবং ডান দিকের + চিহ্নের অর্থ 'এবং'। (ছ) ভরের নিত্যতা সূত্রানুসারে বামদিকের পদার্থের মোট ভর = ডানদিকের পদার্থের মোট ভর। সুতরাং বামদিকের মোট পরমাণুর সংখ্যা = ডানদিকের মোট পরমাণুর সংখ্যা।

দৃষ্টান্ত: সোডিয়াম এবং জল হইতে কস্টিক সোডা ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। এই রাসায়নিক ক্রিয়াকে নিম্নলিখিত সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ করা হয়:—

$$2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2$$
$$2\times23+2\times(2+16)=2(23+16+1)+2\times1$$

এই সমীকরণ হইতে আমরা জানিতে পারি যে :—(ক) Na, H ও O চিহ্ন দ্বারা সোডিয়াম, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন প্রকাশিত হইয়াছে। (খ) সোডিয়াম (Na) জলের (H_2O) সহিত ক্রিয়া করে এবং সোডিয়াম-হাইড্রোক্সাইড (NaOH) ও হাইড্রোজেন (H_2) উৎপন্ন হয়। (গ) দুই অণু সোডিয়াম দুই অণু জলের সহিত ক্রিয়া করে এবং দুই অণু সোডিয়াম-হাইড্রোক্সাইড এবং এক অণু হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। (ঘ) 46 ভাগ (গ্রাম) সোডিয়াম ও 36 ভাগ (গ্রাম) জলের সহিত ক্রিয়া করিয়া 80 ভাগ (গ্রাম) সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড ও 2 ভাগ (গ্রাম) বা 22·4 লিটার (সাধারণ উষ্ণতায় ও চাপে) হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। এইখানে বামদিকের পদার্থের মোট ওজন=82 গ্রাম=ডানদিকের পদার্থের মোট ওজন। দুইদিকে সোডিয়াম, অক্সিজেন ও হাইড্রোজেনের পরমাণুর সংখ্যা সমান।

৫৪। **রাসায়নিক সমীকরণের অসম্পূর্ণতা** (Limitation) : কোন রাসায়নিক ক্রিয়ার সমীকরণ হইতে নিম্নলিখিত বিষয় জানা যায় না : (ক) শক্তির (তাপ, তড়িৎ ইত্যাদি) পরিবর্তন, (খ) প্রক্রিয়ার সর্ত (উষ্ণতা বা চাপ), (গ) প্রক্রিয়ার সময় ও (ঘ) পদার্থের কঠিন, তরল বা গ্যাসীয় অবস্থা।

৫৫। **নির্ভুল সমীকরণ :** মুক্ত (free) মৌলকে তাহার অণু দ্বারা প্রকাশিত করিতে হয় কারণ পরমাণু স্বাধীনভাবে থাকিতে পারে না। তবে এক পারমাণবিক অণুর বেলায় (যথা Na, C, Hg) একটি পরমাণুর দ্বারা মৌলের অণু প্রকাশিত করা যায়।

দৃষ্টান্ত : অক্সিজেনে ম্যাগনেসিয়াম জ্বালাইলে ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড উৎপন্ন হয়। সমীকরণ $Mg+O=MgO$—ভুল, কারণ মুক্ত অক্সিজেন পরমাণু দ্বারা প্রকাশ করা যায় না। ইহাকে অণু দ্বারা প্রকাশ করিতে হয়। অক্সিজেন অণুতে দুইটি পরমাণু থাকে। সুতরাং $2Mg+O_2=2MgO$ এই সমীকরণ নির্ভুল হয়। Mg_2 না লিখিয়া $2Mg$ লিখিতে হয়। সেইরূপ $Fe+H_2O=Fe_3O_4+H_2$-এর পরিবর্তে $3Fe+4H_2O=Fe_3O_4+4H_2$ লিখিতে হয়।

৫৫ক। **অণুর গঠন :** মৌলিক পদার্থের সংখ্যা 92 হইলেও ইহাদের সংযোগে অগণিত যৌগিক পদার্থ গঠিত হয় কিন্তু বিভিন্ন পরমাণু কয়েকটি নির্দিষ্ট

নিয়ম ও নীতি অনুসারে সংযুক্ত হইয়া অণু গঠন করে। এই নিয়ম ও নীতির একটুও ব্যতিক্রম হয় না। পৃথিবীর যে-কোন স্থানের জল লইয়া বিশুদ্ধ করিয়া বিশ্লেষণ করিলে দেখা যায় যে, দুই পরমাণু হাইড্রোজেন এক পরমাণু অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া জলের অণু গঠন করে। এখন প্রশ্ন, হাইড্রোজেন কি সকল মৌলিক পদার্থের সহিত যুক্ত হয় এবং দুই পরমাণু হাইড্রোজেন কি প্রত্যেক মৌলের এক পরমাণুর সহিত যুক্ত হয়? যদি না হয় তবে কেন হয় না?

কোন মৌল অন্য কোন মৌলের সহিত যুক্ত হইয়া অণু গঠন করে নির্দিষ্ট নিয়ম অনুসারে। যে কোন মৌল যে কোন মৌলের সঙ্গে যুক্ত হয় না। পরস্পরের মধ্যে আকর্ষণ না থাকিলে মৌলগুলি যুক্ত হয় না। তড়িৎ-ধনাত্মক মৌল, যথা ধাতু ও তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌল, যথা অধাতুর মধ্যে আকর্ষণ বেশী। সুতরাং ইহারা সুস্থিত অণু গঠন করে। আবার একটি মৌলের একটি পরমাণু অন্য মৌলের কয়টি পরমাণুর সহিত যুক্ত হইবে তাহারও সংখ্যাও নির্দিষ্ট।

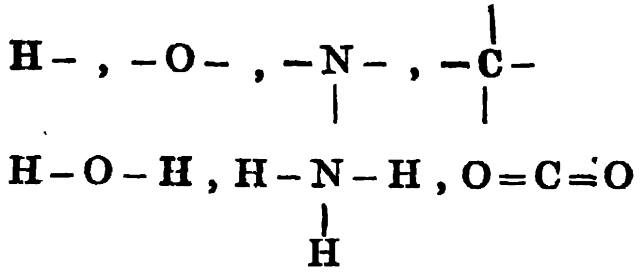
৫৬। **যোজ্যতা** (Valency): মৌলগুলির মধ্যে পরস্পরের সহিত যুক্ত হইবার আকাঙ্ক্ষা সমান নয়। কাহারও কম কাহারও বেশী। কোন মৌলের একটি পরমাণু অপর কোন মৌলের নির্দিষ্ট সংখ্যক পরমাণুর সহিত যুক্ত হয়। এইরূপ কোন মৌলের একটি পরমাণু অন্য পরমাণুর যে সংখ্যার সহিত যুক্ত সেই সংখ্যাকে **যোজ্যতা** বলে। পরীক্ষায় দেখা গিয়াছে যে, হাইড্রোজেনের এমন কোন যৌগ (**hydrazoic** অ্যাসিড, N_3H ব্যতীত) নাই যাহাতে এক পরমাণু হাইড্রোজেনের সঙ্গে অন্য মৌলের একাধিক পরমাণু যুক্ত হয়, অর্থাৎ হাইড্রোজেনের যুক্ত হইবার ক্ষমতা সব চেয়ে কম। সেইজন্য হাইড্রোজেনের যুক্ত হইবার ক্ষমতাকে **প্রমাণ** (**standard**) **যোজ্যতা** ধরা হয়। ∴ হাইড্রোজেনের যোজ্যতা $= 1$। অতএব কোন মৌলের পরমাণুর অন্য কোন মৌলের পরমাণুর সহিত যুক্ত হইবার অথবা ইহাকে অপসরণ করিবার ক্ষমতাকে **যোজ্যতা** বলে। হাইড্রোজেনের অথবা অন্য কোন একযোজী (**monovalent**) মৌলের (যথা ক্লোরিন) পরমাণুর সংখ্যা যাহা অন্য কোন মৌলের **এক পরমাণুর** সহিত যুক্ত হয় অথবা **এক পরমাণুকে** অপসারিত করে সেই সংখ্যা দিয়া যোজ্যতা মাপা হয়।

$$\therefore\ \text{যোজ্যতা} = \frac{\text{পদার্থের পরমাণুর সংখ্যা}}{\text{অপসারিত বা যুক্ত হাইড্রোজেনের পরমাণুর সংখ্যা}}$$

দৃষ্টান্ত : এক পরমাণু ব্রোমিন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, কারবন যথাক্রমে এক, দুই, তিন ও চার পরমাণু হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া HBr, H_2O, NH_3, CH_4 যৌগ পদার্থ গঠন করে। অতএব ব্রোমিন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন ও কারবনের যোজ্যতা যথাক্রমে 1, 2, 3, 4। এক পরমাণু Na, Ca, Al ধাতু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হইতে যথাক্রমে এক, দুই, তিন পরমাণু হাইড্রোজেন অপসারিত করিয়া $NaCl$, $CaCl_2$, $AlCl_3$ যৌগ গঠন করে। সুতরাং Na, Ca, Al-এর যোজ্যতা যথাক্রমে 1, 2, 3। যখন কোন পদার্থ হাইড্রোজেনের সহিত সাক্ষাৎভাবে ক্রিয়া করে না তখন যে মৌলের যোজ্যতা জানা আছে এমন মৌলের সম্পর্কে যোজ্যতা নির্ণয় করিতে হয়। ক্লোরিনের যোজ্যতা = 1 এবং ক্লোরিনের সঙ্গে ক্রিয়া করিয়া অনেক পদার্থের যোজ্যতা জানা যায়।

যদি যোজ্যতা হাত বা – চিহ্ন (hyphens, bonds, liuks or hands) দিয়া প্রকাশ করা যায় তবে ব্রোমিন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন ও কারবন পরমাণুর যথাক্রমে এক, দুই, তিন ও চারিটি হাত হইবে। সুস্থিত অণু গঠনের জন্য একটি পরমাণুর সব হাত অন্য পরমাণুর সব হাতের সঙ্গে যুক্ত হওয়া চাই।

জলে অক্সিজেনের দুইটি যোগ্যতার জন্য অক্সিজেন দুইটি হাইড্রোজেনের পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হয়। অ্যামোনিয়াতে নাইট্রোজেন পরমাণু তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত হয়। কারবন ডাই-অক্সাইডে কারবন পরমাণু দুইটি দ্বিযোজী অক্সিজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত হয়।



$$\mathrm{H-},\ \mathrm{-O-},\ \underset{|}{\mathrm{-N-}},\ \underset{|}{\overset{|}{\mathrm{-C-}}}$$

$$\mathrm{H-O-H},\ \underset{\underset{\mathrm{H}}{|}}{\mathrm{H-N-H}},\ \mathrm{O=C=O}$$

৪৮নং চিত্র

৫৭। **যোজ্যতা অনুসারে মৌলের বিভাগ :** পদার্থের মৌলের 1 হইতে 8 পর্যন্ত যোজ্যতা থাকিতে পারে। সেইজন্য মৌলকে একযোজী

(monovalent বা monad), দ্বিযোজী (divalent বা diad) মৌল প্রভৃতি বলা হয়। যৌগমূলকের (Compound Radical) নির্দিষ্ট যোজ্যতা থাকে। নিম্নে কতকগুলি মৌলিক পদার্থের ও যৌগমূলকের যোজ্যতা দেওয়া হইল। নিয়ন, আরগন প্রভৃতি ছয়টি মৌলিক পদার্থের অন্য পদার্থের সহিত যুক্ত হইবার কোন ক্ষমতা নাই। ইহাদের যোজ্যতা শূন্য। ইহারা নিষ্ক্রিয় মৌল। একযোজী মৌল : H, Cl, F, Br, I, Na, K, Hg (ous), Cu (ous), Ag ; দ্বিযোজী মৌল : O, Ca, Zn, Mg, Cu (ic), Fe (ous), Pb (ous) ; ত্রিযোজী মৌল (triad) : N, P, Al, Fe (ic) ; চতুর্যোজী (Tetrad) : C, Sn (ic)।

অণুর গঠনের দৃষ্টান্ত : (i) দুইটি একযোজী : $H- + Cl- = HCl$; $K- + Cl- = KCl$; দুইটি দ্বিযোজী : $Cu= + =O = CuO$;

(iii) একযোজী + দ্বিযোজী : $2H- + =O = H_2O$; $Mg= + 2Cl- = MgCl_2$

(ii) ত্রিযোজী + একযোজী : $Al\equiv + 3Cl- = AlCl_3$

(iv) ত্রিযোজী + ত্রিযোজী : $Al\equiv + N\equiv = AlN$.

(v) ত্রিযোজী + দ্বিযোজী : $2N\equiv + 3O= \; = N_2O_3$

(vi) যৌগ মূলক দ্বারা অণুর গঠন : $K- + (OH)- = K(OH)$. $H- + NO_3- = HNO_3$; $2H- + (SO_4)= \; = H_2SO_4$.

দ্রষ্টব্য : (1) কতকগুলি মৌলের একাধিক যোজ্যতা থাকে, কম যোজ্যতার অণুকে 'ous' ও বেশী যোগ্যতার অণুকে 'ic' বলে, (2) বিভিন্ন মৌলে কতকগুলি পরমাণুর সমবায় সমগ্রভাবে একটি অখণ্ড পরমাণুর মত রাসায়নিক ক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে। এইরূপ পরমাণুর সমবায়কে **যৌগমূলক** (Compound Radical) বলে, যথা $(NH_4)Cl$, $(NH_4)NO_3$, $(NH_4)_2SO_4$ —এই সকল পদার্থে NH_4 একটি যৌগমূলক। প্রত্যেক যৌগ মূলকের বিভিন্ন যোজ্যতা থাকে ; যথা, নাইট্রেট (NO_3), হাইড্রক্সিল (OH) একযোজী মূলক ; সালফেট (SO_4), কারবনেট (CO_3) দ্বিযোজী মূলক ; ইহাদের দ্বারা গঠিত অণু : $NaNO_3$, $NaOH$, Na_2SO_4, Na_2CO_3.

৫৭ক। **সংকেত লিখিবার প্রণালী** (i) A ও B মৌল যুক্ত হইয়া AB অণু গঠন করিলে অণুতে A-এর যোজ্যতার মোট সংখ্যা = B-এর যোজ্যতা মোট সংখ্যা। H_2O-তে একটি O-পরমাণুর যোজ্যতা দুই ও 2H পরমাণুর

মোট যোজ্যতা দুই। MgO তে Mg ও O পরমাণুর যোজ্যতা দুইটি করিয়া, কারণ Mg ও O দুইই দ্বিযোজী পরমাণু।

(ii) A-এর গায়ে B এর যোজ্যতা এবং B-এর গায়ে A-এর যোজ্যতা লেখা হয়, যথা NH_3, $CaCl_2$, Al_2O_3, H_2SO_4. NH_3তে N-এর যোজ্যতা তিন, উহা H-এর গায়ে লেখা হইয়াছে। Ca-এর যোজ্যতা দুই, উহা Cl-এর গায়ে লেখা হইয়াছে।

৩ রাসায়নিক ক্রিয়া (Chemical Action)

৫৮। **রাসায়নিক ক্রিয়া :** যে ক্রিয়ার ফলে বিভিন্ন পদার্থের গঠন পরিবর্তিত হইয়া এক বা ততোধিক নূতন পদার্থ উৎপন্ন হয় তাহাকে **রাসায়নিক ক্রিয়া** বলে। মনে কর, যখন A ও B মৌলের দ্বারা গঠিত AB পদার্থ C ও D মৌলের দ্বারা গঠিত CD পদার্থের সংস্পর্শে আসে তখন দুইটি নূতন পদার্থ—AD ও BC উৎপন্ন হইল। এই ক্রিয়াকে **রাসায়নিক ক্রিয়া** বলে। Aএর **রাসায়নিক আসক্তি** বা আকর্ষণ (chemical affinity) B-এর উপরের চেয়ে D-এর উপর বেশী বলিয়া পদার্থের এইরূপ নূতন ব্যবস্থাপন সম্ভব হয়। বিভিন্ন মৌলের এই নির্বাচনী আসক্তি সমস্ত রাসায়নিক ক্রিয়ার কারণ। আধুনিক রসায়নবিদ্ এই আসক্তিকে তড়িৎ শক্তির উপর প্রতিষ্ঠিত বলিয়া মনে করেন।

৫৯। **রাসায়নিক ক্রিয়ার প্রকার :** (ক) **সংশ্লেষণ** বা **সাক্ষাৎ সংযোগ** (Synthesis or Direct Union) : এই ক্রিয়া মৌলিক বা যৌগিক উপাদানের সাক্ষাৎ সংযোগে নূতন যৌগ উৎপন্ন হয়; যথা পারদ (Mercury, 2Hg) + অক্সিজেন্ (O_2) = মারকিউরিক (Mercuric) অক্সাইড্ (2HgO); চুন (CaO) + জল (H_2O) = কলিচুন—Slaked lime $Ca(OH)_2$।

(খ) **বিপরিবর্ত** (Double Decomposition) বা **বিনিময়** (Mutual Exchange or Metathesis) : এই ক্রিয়ায় দুইটি যৌগের উপাদানের স্থান বিনিময় হয়। মারকিউরিক ক্লোরাইড ($HgCl_2$) + পটাসিয়াম আয়োডাইড (2KI) = পটাসিয়াম ক্লোরাইড (2KCl) + মারকিউরিক আয়োডাইড (HgI_2)।

(গ) **ভ্রংশ** (Displacement), **প্রতিস্থাপন** (Replacement or Substitution) : এই ক্রিয়ায় একটি মৌল একটি যৌগ হইতে অপর একটি

মৌলকে তাড়াইয়া তাহার স্থান অধিকার করে; জিঙ্ক (Zn)+সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4)=জিঙ্ক সাল্‌ফেট ($ZnSO_4$)+হাইড্রোজেন (H_2)।

(ঘ) **বিশ্লেষণ** বা **বিয়োজন** (Direct Decomposition or Analysis): এই ক্রিয়ায় একটি যৌগ একাধিক যৌগিক বা মৌলিক উপাদানে বিশ্লিষ্ট হয়। মারকিউরিক অক্সাইড (2HgO)=মারকারি (2Hg)+অক্সিজেন (O_2)। খড়িমাটি ($CaCO_3$)=চুন (CaO)+কারবন-ডাইক্সাইড (CO_2)।

(ঙ) **পারমাণবিক পুনঃব্যবস্থাপন** (Rearrangement of atoms): এই ক্রিয়ায় কোন পদার্থের পরমাণুগুলির ব্যবস্থাপন পরিবর্তিত হইয়া নূতন দ্রব্য উৎপন্ন হয় কিন্তু পরমাণুর সংখ্যা এক থাকে।

$$NH_4(CNO) \qquad = CO(NH_2)_2$$

অ্যামোনিয়াম সায়ানেট (Cynate)   ইউরিয়া (Urea)

(চ) অনেক সময় দুই বা ততোধিক অণু একত্র যুক্ত হইয়া ভারী অণু গঠন করে, যথা অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের অণু হইল Al_2Cl_6।

৬০। **রাসায়নিক ক্রিয়া সংঘটনের পদ্ধতি** (Factors inducing and regulating chemical reaction): (ক) **সংস্পর্শ** (Contact): কোন কোন ক্ষেত্রে দুই বা ততোধিক পদার্থকে সাধারণ উষ্ণতায় মিশাইলেই রাসায়নিক ক্রিয়া হয়। ফস্‌ফরাস ও আয়োডিন শুধু মিশাইলেই প্রবল ক্রিয়া হয় এবং ফস্‌ফরাস আয়োডাইড প্রস্তুত হয়। কিন্তু ইহাদিগকে পাশাপাশি রাখিলে কোন ক্রিয়া হয় না। (খ) **দ্রবণ**: অন্ততঃ একটি পদার্থকে কোন দ্রাবকে দ্রবীভূত করিলে তাড়াতাড়ি ক্রিয়া হয়; সোডিয়াম বাইকারবনেট ($NaHCO_3$) ও টার্টারিক (Tartaric) অ্যাসিড শুষ্ক কঠিন অবস্থায় একত্র গুঁড়া করিলেও ক্রিয়াশীল হয় না কিন্তু সোডিয়াম বাইকারবনেটকে জলে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণে টার্টারিক অ্যাসিড মিশাইলে প্রবল ক্রিয়া হয়। (গ) **তাপ**: তাপ রাসায়নিক ক্রিয়াকে ত্বরান্বিত করে; অনেক সময় বিনা তাপে ক্রিয়াই হয় না। হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন মিশাইলেই ইহাদের রাসায়নিক ক্রিয়া হয় না। মিশ্রণে অগ্নিসংযোগ করিলে তবে জল হয়। (ঘ) **আলো**: হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের মিশ্রণকে আলোয় ধরিলে বিস্ফোরণ হয়। অন্ধকারে রাখিলে কোন ক্রিয়া হয় না। ফটোগ্রাফিতে ব্যবহৃত রূপার লবণ আলোয় বিশ্লিষ্ট হয়। (ঙ) **তড়িৎ**: তড়িৎ দ্বারা সংশ্লেষণ ও বিশ্লেষণ দুইই হয়। তড়িৎ দ্বারা গলিত লবণ সোডিয়ামে ও ক্লোরিনে বিশ্লিষ্ট হয় এবং তড়িৎস্ফুলিঙ্গে

হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন সংশ্লিষ্ট হইয়া জল হয়। (চ) **চাপ**ঃ প্রভূত চাপে সীসা ও গন্ধক যুক্ত হয়। (ছ) **শব্দ**ঃ উচ্চ শব্দে যথা মারকারি ফালমিনেটের (**mercury fulminate**) বিস্ফোরণে উৎপন্ন শব্দে অ্যাসিটিলিন গ্যাস কারবন ও হাইড্রোজেনে বিশ্লিষ্ট হয়।

৬১। **অনুঘটন** (**Catalysis**): কোন রাসায়নিক ক্রিয়ায় কতকগুলি পদার্থের সামান্য অংশ সংস্পর্শে থাকিলে রাসায়নিক ক্রিয়ার বেগকে হয় ত্বরান্বিত, না হয় মন্দীভূত করে। এই সকল পদার্থের ভর, গঠন ও ধর্ম ক্রিয়ার প্রথমে ও শেষে অপরিবর্তিত থাকে। এই ঘটনাকে **অনুঘটন** বলে। এই পদার্থকে **অনুঘটক** (Catalyst) বলে। অনুঘটক তিন প্রকার: (ক) **ধনাত্মক** (Positive) **অনুঘটক** যাহা ক্রিয়াকে ত্বরান্বিত করে। পটাসিয়াম ক্লোরেটের ($KClO_3$) সঙ্গে একটু ম্যাঙ্গানিজ-ডাই-অক্সাইড (MnO_2) মিশাইলে অক্সিজেন-প্রস্তুত কম উষ্ণতাতেই ত্বরান্বিত হয়। শুষ্ক হাইড্রোজেন ও শুষ্ক ক্লোরিন মিশাইলে কোন ক্রিয়া হয় না, কিন্তু জলীয় বাষ্পের উপস্থিতিতে ইহারা সংযুক্ত হইয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। (খ) **ঋণাত্মক** (Negative) **অনুঘটক** যাহা ক্রিয়াকে মন্দীভূত করে বা বন্ধ করে। ফস্‌ফরিক অ্যাসিড হাইড্রোজেন-পারঅক্সাইডকে স্বতঃবিশ্লিষ্ট হইতে বাধা দেয়। (গ) **স্বয়ং** (Auto) **অনুঘটক** : কোন রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে এমন একটি পদার্থ উৎপন্ন হয় যাহা নিজেই এই ক্রিয়ার পক্ষে অনুঘটকের কাজ করে; পটাসিয়াম ক্লোরেটের কেলাসের (crystal) সঙ্গে সোডিয়াম বাইসালফাইট (bisulphite) মিশাইলে একটু ক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। এই ক্লোরিক অ্যাসিড অনুঘটকের কাজ করিয়া বাইসালফাইটকে তাড়াতাড়ি সাল্‌ফেটে পরিণত করে।

৬২। **অনুঘটনের বাদ** (Theory) : (ক) অনুঘটকের কাজ মাত্র সংস্পর্শ ক্রিয়া (Contact action); ইহার কোন পরিবর্তন হয় না; যেমন খুব সূক্ষ্ম ধাতব চূর্ণ। (খ) ক্রিয়া চলিবার সময় অনুঘটক অপ্রতিষ্ঠ (unstable) যৌগিক পদার্থে পরিণত হয় কিন্তু ক্রিয়ার শেষে অনুঘটকের গঠন একই থাকে। সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডের প্রস্তুতে নাইট্রোজেন অক্সাইড এইরূপ অনুঘটক। ইহার বিষয় সালফিউরিক অ্যাসিডের সম্পর্কে আলোচনায় বলা হইয়াছে।

শিল্পে অনুঘটকের সাহায্যে অনেক দ্রব্য দ্রুত উৎপন্ন করা হয়। সালফার ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেনের মিশ্রণকে উত্তপ্ত প্লাটিনাম ধাতু অথবা ভ্যানেডিয়াম

পেণ্টক্সাইডের উপর দিয়া অতিক্রম করাইলে দ্রুত সালফার ট্রাইঅক্সাইড উৎপন্ন হয়। হাইড্রোজেন ও নাইট্রোজেনের মিশ্রণকে লৌহ এবং পটাসিয়াম অক্সাইডের মিশ্রণের উপর দিয়া উচ্চচাপে এবং 550° সেঃ-এ দ্রুত অতিক্রম করাইলে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়।

৬৩। **রাসায়নিক ক্রিয়ার লক্ষণ ঃ** (ক) ইহাতে তাপ উদ্ভূত, না হয় শোষিত হইবেই। (খ) ক্রিয়াশীল পদার্থের পরিমাণের অনুপাত নির্দিষ্ট থাকে। (গ) ক্রিয়ার আগে ও পরে পদার্থের মোট ওজন সমান থাকে। (ঘ) ক্রিয়াশীল পদার্থ ক্রিয়ার সময়ে সংস্পর্শে থাকে। (ঙ) ক্রিয়াশীল পদার্থের ধর্ম ও উৎপন্ন পদার্থের ধর্ম ভিন্ন হয়।

[শিক্ষণ নির্দেশ : (১) পদার্থের অবস্থা বুঝাইবার জন্য ক্লাসে চৌকোণা বরফ গলাইয়া জল, জলকে ক্লাসে বাষ্পে পরিণত করিয়া দেখানো প্রয়োজন। (২) পদার্থের ধর্ম বুঝাইবার জন্য ক্লোরিনের বর্ণ ও গন্ধ, আয়োডিনের বর্ণ, চিনির দানা, লবণের স্বাদ প্রভৃতি ধর্ম দেখানো দরকার। (৩) দৈনন্দিন জীবনে যে সকল ভৌত ও রাসায়নিক ক্রিয়া অহরহ ছাত্ররা দেখে সেইগুলি উল্লেখ করা দরকার। (৪) রসায়নের প্রগতি ও ভিত্তি বুঝাইবার জন্য মৌলিক পদার্থের ধারণার পরিবর্তন ও নূতন মৌলিক পদার্থের আবিষ্কার সম্পর্কে বলিলে ভাল হয়। (৫) যৌগিক পদার্থের ও মিশ্রণের পার্থক্য পরীক্ষা দ্বারা ক্লাসে দেখানো বিশেষ প্রয়োজন। ধাতু ও অধাতুর পার্থক্য ক্লাসে দেখানো প্রয়োজন। যতগুলি সম্ভব মৌলিক পদার্থ ক্লাসে দেখানো প্রয়োজন। (৬) কোন যৌগের ফরমুলায় কি কি ভুল হইতে পারে তাহা দেখানো প্রয়োজন। (৭) যোজ্যতার সুস্পষ্ট ধারণার উপর ফরমুলা ও সমীকরণ লেখা নির্ভর করে। ছাত্রদিগের দ্বারা ফরমুলা লেখাইয়া যোজ্যতার প্রয়োগ বুঝানো ভাল। ছাত্ররা প্রায়ই সমীকরণ লিখিতে ভুল করে কিন্তু যোজ্যতার জ্ঞান থাকিলে ইহা সম্ভব হয়।]

প্রশ্নাবলী

1. How can you identify different substances by physical properties? ভৌত ধর্ম দ্বারা বিভিন্ন বস্তুকে কি প্রকারে চেনা যায়?

2. What are the general principles for the determination of physical and chemical properties? ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম নির্ণয় করিবার সাধারণ নীতি কি কি?

3. What is meant by a chemical equation? What are its limitations? Explain the full meaning of: $Mg+H_2SO_4=MgSO_4+H_2$? রাসায়নিক সমীকরণ বলিলে কি বুঝ? ইহার অসম্পূর্ণতা কি? নিম্নলিখিত সমীকরণের সম্পূর্ণ অর্থ কি?
$Mg+H_2SO_4=MgSO_4+H_2$. (C. U. 1939: Punj. U. 1939)

4. Give a short account of what you know about valency? যোজ্যতা সম্পর্কে কি জান তাহার সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও। (C. U. '37)

5. State all that is implied by the chemical equation; $2H_2+O_2=2H_2O$; —এই সমীকরণ দ্বারা যাহা বোঝায় তাহা বিবৃত কর।

(J. Camb. 1924; C. U. 1930; Nag, 1932)

6. What do you understand by the valency of elements? How is it measured? Arrange according to valency:—C, N, Cl, Ca, Hg. মৌলের যোজ্যতা বলিলে কি বোঝায়? ইহা কি প্রকারে মাপা হয়? যোজ্যতা অনুসারে সাজাও —C, N, Cl, Ca, Hg. (C. U. 1916; Mad. U. 1931)

7. Describe the different modes of chemical reactions. বিভিন্ন ধরণের রাসায়নিক ক্রিয়া বর্ণনা কর।

8. Define physical and chemical changes. Illustrate these changes with examples. ভৌত ও রাসায়নিক পরিবর্তন কাহাকে বলে? উদাহরণ দ্বারা বুঝাও।

9. What changes occur when (i) water is boiled, (ii) coal burns, (iii) iron is rusted, (iv) water is mixed with lime, (v) rice is boiled, (vi) sugar is charred, (vii) platinum wire is heated. Explain the reasons. কি পরিবর্তন হয় যখন (i) জল ফোটান হয়, (ii) কয়লা পোড়ে, (iii) লোহার মরিচা ধরে, (iv) চুনের সঙ্গে জল মেশান যায়, (v) চাউল ফোটে, (vi) চিনিকে পোড়ান হয়, (vii) প্লাটিনাম তার উত্তপ্ত হয়। কারণ ব্যাখ্যা কর।

10. What changes do occur due to sublimation, crystallisation and destructive destillation? ঊর্ধ্বপাতন, কেলাসন ও অন্তর্ধূমপাতন প্রণালীতে কি কি পরিবর্তন হয়?

11. Why is Lavoisier called the founder of modern chemistry? ল্যাভয়সিয়ারকে আধুনিক রসায়নের প্রতিষ্ঠাতা বলা হয় কেন?

12. Define element, compound and mixture. Give three examples in each case. মৌলিক পদার্থ, যৌগিক পদার্থ ও মিশ্রণের পার্থক্য বল। তিনটা করিয়া উদাহরণ দাও।

13. Classify the following substances into element, compound and mixture and state the reasons: Air, water, sugar, milk, smoke, soda water, coal, wood charcoal, brass, salt, diamond, fog, lime, iodine, rust, steel, sea-water. নিম্নলিখিত দ্রব্যগুলিকে মৌলিক, যৌগিক ও মিশ্র পদার্থের শ্রেণীবিভাগ কর। বায়ু, জল, চিনি, দুধ, ধোঁয়া, সোডা ওয়াটার, কয়লা, কাঠ-কয়লা, পিতল, লবণ, হীরা, কুয়াশা, চুন, আয়োডিন, মরিচা, ইস্পাত, সমুদ্র জল।

14. Why a solution is called a mixture though it has many properties of a compound? দ্রবণকে মিশ্রণ বলা হয় কেন যদিও ইহার যৌগিকের অনেক গুণ আছে?

15. Define metal and non-metal and compare their properties, Mercury, graphite, bromine, antimony—are these elements metals or non-metals. ? ধাতু অধাতুর সংজ্ঞা বল এবং উহাদিগের গুণের তুলনা কর। পারদ, গ্রাফাইট, ব্রোমিন, অ্যান্টিমনি—ইহারা ধাতু না অধাতু ?

16. Define an atom and a molecule. State their characteristics. পরমাণু ও অণুর সংজ্ঞা বল। ইহাদের বিশেষত্ব বল।

17. Define and illustrate elementary and compound molecule. মৌলিক ও যৌগিক অণুর দৃষ্টান্তসহ সংজ্ঞা বল।

18. Write down the stable molecular formula formed by the following : $H+O$; $N+O$; $Mg+Cl$; $Ca+CO_3$; $Al+SO_4$; $C+O$; $S+O$; $Na+NO_3$; $Al+OH$; $Fe+O$; $C+N$; $Cu+Cl$.

নিম্নলিখিত ক্ষেত্রগুলিতে উৎপাদিত সুস্থিত যৌগের আনবিক সংকেত লিখ :—$H+O$; $N+O$; $Mg+Cl$; $Ca+CO_3$; $Al+SO_4$; $C+O$; $S+O$; $Na+NO_3$; $Al+OH$; $F+O$; $C+N$; $Cu+Cl$.

19. Write down the formula of the following compounds : Hydrochloric acid, nitric acid, magnesium hydroxide, ammonium chloride, magnesium carbonate, zinc sulphate, aluminium oxide.

নিম্নলিখিত যৌগগুলির আনবিক সংকেত লিখ :—হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, নাইট্রিক অ্যাসিড, ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রোক্সাইড, অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড, ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট, জিঙ্ক সালফেট, অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড।

20. Deduce the valency of the element and radicals of the following from their molecular formula : $AgCl$, $CuCl_2$, $CuCl$, $AlCl_3$, SO_3, H_2S, P_2O_5, NH_3, $CaCO_3$.

21. Complete the equations. $H_2+O=\cdots H_2O$, $Ca+O_2=\cdots CaO$; $C+O_2=\cdots$, $2Na+\cdots=NaOH$. $HCl+NaOH=\cdots+\cdots$. $Cu+Cl_2=\ldots$ $Zn+H_2SO_4=\ldots$ $CuO+H_2=\ldots$ $C+H_2O=\ldots$ $Al+Cl_2=\ldots AlCl_3$, $Fe+Cl_2=\ldots$ $AgNO_3+HCl=\ldots$ $Zn+HCl=\ldots H_2+ZnCl_2$.

পঞ্চম অধ্যায়

[**Course Content :** Study of Air.

(a) Air is not an element : it contains oxygen and nitrogen.

(b) Proportion (by volume) of these gases in air,

D—(i) Increase in weight during the burning of magnesium in air.

(ii) Experiment with burning phosphorus in air inside a bell jar.

(iii) Chart of Lavoisier's bell-jar experiment.

(c) Air is a mixture of oxygen and nitrogen. Other gases present in the atmosphere. Only the names of these gases are required.]

বায়ু (Air)

৬৩। **বায়ুর উপাদান (Constituents of air) :** পৃথিবীর চারিদিকে প্রায় 700-৪00 মাইল পর্যন্ত যে গ্যাসীয় আবরণ আছে তাহাকে বায়ুমণ্ডল বলা হয়। পৃথিবীতে কোন স্থান বা কোন পাত্র শূন্য থাকে না। সর্বত্র বায়ু পরিব্যাপ্ত থাকে। প্রাচীনকালে বায়ুকে একটি মৌলিক পদার্থ মনে করা হইত। তখন অনেকের ধারণা ছিল যে, বায়ুর মধ্যে দুইটি দৈত্য বাস করে। একটি নিরীহ, একটি রাক্ষুসে। অষ্টাদশ শতাব্দীর শেষভাগে শীলে (Scheele), প্রিস্টলে (Priestley) ও ল্যাভয়সিয়ার (Lavoisier) নিরীহ ও রাক্ষুসে দৈত্যের প্রকৃতি ব্যাখ্যা করেন। তাঁহারা বিভিন্ন পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ করেন যে, বায়ু প্রধানতঃ দুইটি গ্যাসের মিশ্র পদার্থ। একটি সক্রিয়, অপরটি নিষ্ক্রিয়। সক্রিয় গ্যাস দহনে ও শ্বাসকার্যে একান্ত প্রয়োজন। ইহার নাম **অক্সিজেন** (Oxygen)। বায়ুর অক্সিজেন ছাড়া প্রাণী ও উদ্ভিদ বাঁচিতে পারে না। অপরটির এইরূপ উপকারিতা নাই। ইহার নাম **নাইট্রোজেন** (Nitrogen)। ইহারা ব্যতীত বায়ুতে অল্প পরিমাণ জলীয় বাষ্প, কারবন ডাই-অক্সাইড, ধূলিকণা, নিষ্ক্রিয় গ্যাস (যথা আরগন, হিলিয়াম, ক্রিপ্‌টন, নিয়ন, জেনন) থাকে। এতদ্ব্যতীত স্থান বিশেষে নাইট্রিক অ্যাসিড, ওজোন, সালফার ডাই-অক্সাইড, হাইড্রোজেন সালফাইড থাকে।

বায়ু মিশ্র পদার্থ। সুতরাং বায়ুতে এই সকল পদার্থের অনুপাত সর্বত্র ও সর্বদা নির্দিষ্ট থাকে না। স্থান-কাল-ভেদে এই অনুপাত পরিবর্তনশীল হয়। বর্ষাকালে বায়ুতে জলীয় বাষ্প অধিক থাকে, শীতকালে কম থাকে। মরুভূমির

বায়ুতে জলীয় বাষ্প কম থাকে, নিরক্ষীয় অঞ্চলে অধিক বৃষ্টিপাতের জন্য জলীয় বাষ্প বেশী থাকে। শিল্পপ্রধান শহরের বায়ুতে ধূলিকণা, কারবন ডাই-অক্সাইড, নাইট্রিক অ্যাসিড প্রভৃতি অধিক থাকে। সমুদ্রের ধারের বায়ুতে ওজোন থাকে। মোটামুটি 100 ঘন সেন্টিমিটার বায়ুতে অক্সিজেন প্রায় 21 ভাগ ও নাইট্রোজেন প্রায় 78 ভাগ থাকে। অন্য উপাদানগুলির পরিমাণ খুব কম। ইহারা একত্রে তিন ভাগেরও কম।

৬৪। **বায়ুর উপাদানগুলির নির্ণয় ও উপকারিতা** (**Detection of constituents of air and their utilities**: নিম্নলিখিত পরীক্ষা দ্বারা উপাদানগুলি নির্ণীত হয়।

(ক) **অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন: অস্তিত্ব**: বায়ু প্রধানতঃ অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের মিশ্রণ। সুতরাং এই মিশ্রণ হইতে কোনও উপায়ে একটি সরাইয়া লইতে পারিলে অপরটি পাওয়া যায়। অক্সিজেন খুব ক্রিয়াশীল পদার্থ। ইহা পারদ, ফস্‌ফরাস, টিন প্রভৃতি পদার্থের সহিত যুক্ত হয়। সুতরাং কোন বদ্ধ পাত্রের বায়ুর সহিত এই সকল পদার্থ উত্তপ্ত করিলে ইহারা অক্সিজেনের সহিত মিলিত হয় এবং পাত্রে নিষ্ক্রিয় নাইট্রোজেন পড়িয়া থাকে। তখন ইহার মধ্যে জ্বলন্ত বাতি প্রবেশ করাইলে ইহা নিবিয়া যায়।

এই সকল পরীক্ষা পরে দেওয়া হইয়াছে।

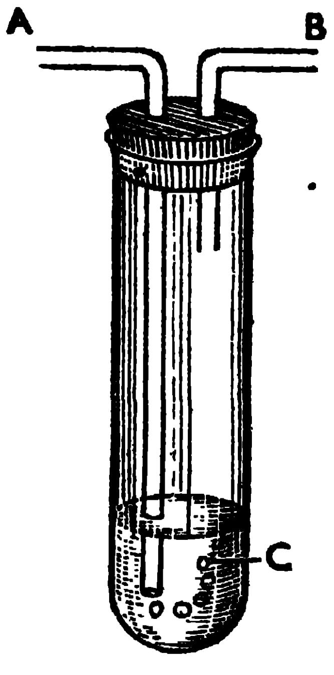
উপকারিতা: অক্সিজেন প্রাণী ও উদ্ভিদের জীবনধারণের পক্ষে একান্ত প্রয়োজন। শ্বাসগ্রহণের সময় প্রাণী নাক-মুখ দিয়া, উদ্ভিদ পাতার ছিদ্র দিয়া বায়ু দেহের ভিতর টানিয়া লয়। বায়ুর অক্সিজেন দেহাভ্যন্তরস্থ খাদ্যদ্রব্যের উপাদানের সহিত ক্রিয়া করিয়া কারবন-ডাই-অক্সাইড, জল ও তাপ উৎপন্ন করে। এই তাপ দেহের উষ্ণতা রক্ষা করে এবং আমাদের কার্যে শক্তি জোগায়। নিশ্বাসের জলীয় বাষ্প ও কারবন ডাই-অক্সাইড দেহের বাহিরে আসে। সেইজন্য নিশ্বাসের বায়ু চুনের জলকে ঘোলা করে। অক্সিজেন সকল প্রকার দহনকার্যে সহায়ক। কয়লা পোড়ানো, বাতি জ্বালানো অক্সিজেন ছাড়া সম্পন্ন হয় না। বায়ুর অক্সিজেনের সহিত অধিক পরিমাণে নাইট্রোজেন মিশ্রিত থাকায় দহন নিয়মিতভাবে সম্পন্ন হয়। বায়ুতে নাইট্রোজেন না থাকিলে দ্রুত দহন হইয়া সব নষ্ট হইত। বায়ুর নাইট্রোজেন হইতে পরোক্ষভাবে নাইট্রোজেন-ঘটিত খাদ্য প্রস্তুত হয়।

(খ) জলীয় বাষ্প: অস্তিত্ব: একটি কাচের গ্লাসে বরফ রাখিয়া ইহার মুখ ঢাকিয়া দাও। ইহার বহির্ভাগ মুছিয়া দাও। কিছুক্ষণ পরে গ্লাসের বহির্ভাগে বিন্দু বিন্দু জল দেখা যায়। বায়ুর জলীয় বাষ্প শীতল গ্লাসের পাত্রের সংস্পর্শে ঘনীভূত হইয়া জমে।

একটি কাচের ডিশে অনার্দ্র (anhydrous) ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড বায়ুতে রাখিয়া দিলে ইহা বায়ু হইতে জলীয় বাষ্প শোষণ করে এবং জলে দ্রবীভূত হয়।

উপকারিতা: সাগর, নদ-নদী, হ্রদ, পুকুর প্রভৃতি জলাশয় হইতে জল বাষ্পীভূত হইয়া অনবরত বায়ুতে মিশিতেছে। বায়ুর জলীয় বাষ্প ঘনীভূত হইয়া তুষার ও বৃষ্টিরূপে ভূপৃষ্ঠে পতিত হয়। এই জল নদী দিয়া প্রবাহিত হইয়া সাগর বা হ্রদে পতিত হয়। সূর্যতাপে আবার ইহা বাষ্পীভূত হইয়া বায়ুতে মিশিয়া যায়। বৃষ্টি না হইলে পৃথিবীতে শস্য জন্মাইত না এবং সব উদ্ভিদ নির্মূল হইত।

(গ) **কারবন-ডাই-অক্সাইড: অস্তিত্ব:** (a) একটি বীকারে কিছু চুন লইয়া অনেকখানি জল ঢাল। একটি কাচদণ্ড দিয়া জলকে ভালরূপে নাড়িয়া দাও। উপরের পরিষ্কার জলকে ছাঁকিয়া লও। এই জলকে চুনের জল (Lime Water) বলে। ইহার সংকেত $Ca(OH)_2$। এই স্বচ্ছ জলকে (C) একটি পরীক্ষা-নলে লও। পরীক্ষা-নলের মুখে আঁটভাবে বসে এই রকম কর্কে দুইটি ছিদ্র কর। ছিদ্রের মধ্য দিয়া একটি বড় ও একটি ছোট বাঁকানো কাচনল (A ও B) পরাও। A নলের মধ্য দিয়া বায়ু অতিক্রম করাইলে দেখিবে চুনের জল ঘোলাটে হয়। বায়ুর কারবন ডাই-অক্সাইডের সহিত চুনের জলের রাসায়নিক ক্রিয়া হয় এবং অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম কারবনেট ($CaCO_3$) প্রস্তুত হইয়াই অধঃক্ষিপ্ত হয়। ইহার ফলে চুনের জলকে ঘোলাটে দেখায়। ইহাই কারবন ডাই-অক্সাইডের বিশেষ ধর্ম।

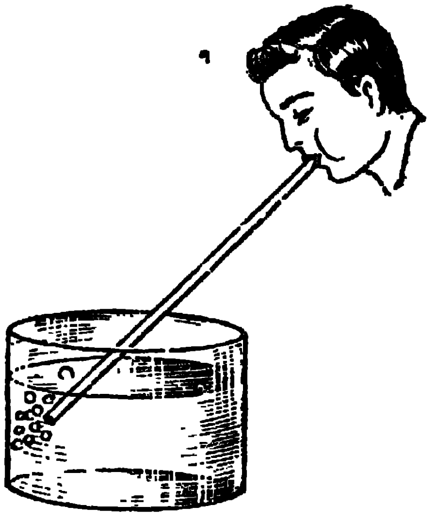


৪৯নং চিত্র—বায়ুর কারবন্ ডাই-অক্সাইড চুনের জলকে ঘোলাটে করে।

$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O.$$

উপকারিতা: প্রাণী ও উদ্ভিদ নিশ্বাসের সময় কারবন ডাই-অক্সাইড ত্যাগ করে। আবার উদ্ভিদ ক্লোরোফিলের সাহায্যে কারবন ডাই-অক্সাইড হইতে কারবন গ্রহণ করিয়া তাহার দেহ গঠিত করে।

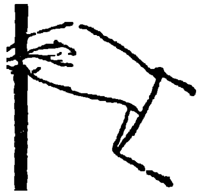
(খ) **পরীক্ষা**ঃ একটি বীকারে চুনের জল লইয়া ইহার মধ্যে সরু নলের এক মুখ জলে ডুবাইয়া ভুড়ভুড়ি কাট। চুনের জল ঘোলাটে হয়। সুতরাং শ্বাস-কার্যে কারবন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। এই পরীক্ষা ইহাই প্রমাণ করে।



৫০নং চিত্র—নিশ্বাসের বায়ুতে কারবন ডাই-অক্সাইড আছে।

দহনের সময়ও দাহ্য বস্তুর, যথা কাঠ, কয়লা, কেরোসিন তৈল, পেট্রোল, কোল (coal) গ্যাস প্রভৃতির কারবন বায়ুর অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া কারবন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে। এই ভাবে উদ্ভূত কারবন ডাই-অক্সাইড বায়ুতে মিশিয়া যায়।

(গ) **পরীক্ষা**ঃ একটি প্রজ্বলন চামচেতে জ্বলন্ত বাতি রাখিয়া গ্যাস-জারের মধ্যে প্রবেশ করাও। কিছুক্ষণ জ্বলিবার পর বাতি সরাইয়া পরিষ্কার চুনের জল ঢালিয়া নাড়িয়া দাও। চুনের জল ঘোলাটে হয়। এই পরীক্ষা প্রমাণ করে যে, দহনের সময় কারবন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।



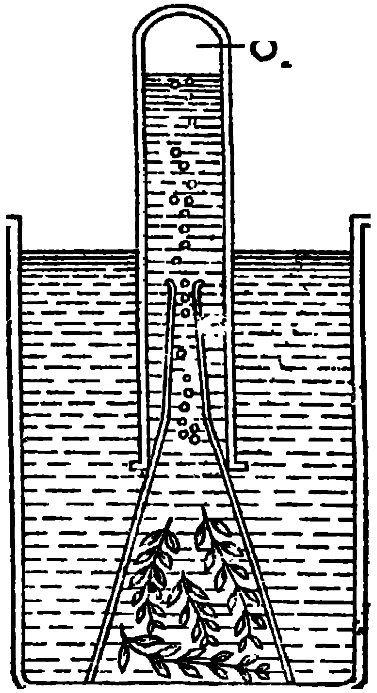
জীবের শ্বাসকার্যের ও দহনের ফলে অনবরত কারবন ডাই-অক্সাইড বায়ুতে মিশিলেও বায়ুতে ইহার পরিমাণ একই থাকে। ইহার কারণ নিম্নে বলা হইল।

উদ্ভিদ আবার দিনের বেলায় সূর্যালোকের সাহায্যে বায়ুর কারবন ডাই-অক্সাইডকে ইহার সবুজ অংশ (Chlorophyll) দ্বারা বিশ্লিষ্ট করিয়া কারবন গ্রহণ করে এবং অক্সিজেন বায়ুতে ছাড়িয়া দেয়।

৫১নং চিত্র—অক্সিজেনে বাতির দহন

পরীক্ষাঃ একটি বীকারে কতকগুলি জল-ঝাঁঝি রাখিয়া জল ঢাল। জলের মধ্যে কিছু কারবন ডাই-অক্সাইড গ্যাস অতিক্রম করাও। ঝাঁঝির উপর ফানেল চাপা দাও। একটি জলপূর্ণ পরীক্ষা-নল ফানেলের উপর উপুড় করিয়া রাখ। বীকারকে রৌদ্রে রাখ। ঝাঁঝির সবুজ অংশ সূর্যালোকে কারবন ডাই-অক্সাইডকে বিশ্লিষ্ট করে। অক্সিজেন পরীক্ষানলে সঞ্চিত হয়। পরীক্ষা-নলকে সরাইয়া ইহার ভিতরে অর্ধদগ্ধ শলাকা

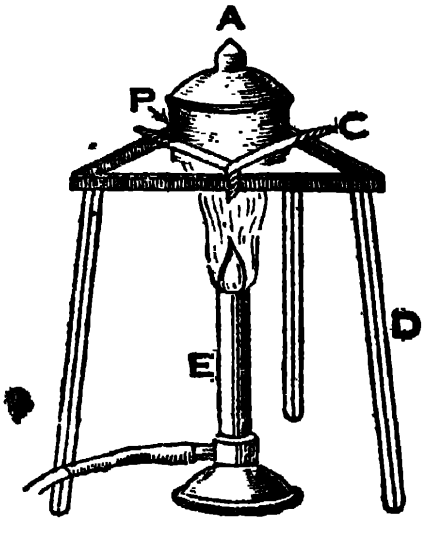
প্রবেশ করাইলে ইহা উজ্জ্বলভাবে জ্বলিয়া উঠে। এইরূপে উদ্ভিদের সাহায্য না পাইলে বায়ুতে কারবন ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ খুব বাড়িয়া যাইত। জীবজগৎ অক্সিজেনের অভাবে নির্মূল হইত। অবশ্য বায়ুর কারবন ডাই-অক্সাইডের সামান্য অংশ বৃষ্টির জলে দ্রবীভূত হইয়া অপসারিত হয়।



৫২নং চিত্র—কারবন ডাই-অক্সাইড ক্লোরোফিল দ্বারা বিশ্লিষ্ট হয়।

৬৫। বায়ুর অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের আয়তনিক পরিমাণ নির্ণয় (Proportion by volume of oxygen and nitrogen in air): নিম্নলিখিত পরীক্ষা দ্বারা বায়ুতে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের পরিমাণ নির্ণীত হয়। এই পরীক্ষাগুলি শীলে সম্পাদন করেন।

(ক) ম্যাগনেসিয়ামের দহন (Burning of magnesium): পরীক্ষা (D): A ঢাক্‌না-সমেত একটি ছোট পোর্সলেন মুচি P পর পর কয়েকবার উত্তপ্ত করিয়া শোষকাধারে শীতল করিয়া ওজন কর যতক্ষণ না শেষ দুই ওজন এক হয়। মুচিতে কয়েক টুকরা ম্যাগনেসিয়াম তার রাখ। পুনরায় উপরোক্তভাবে মুচিকে ওজন কর। দুই ওজনের পার্থক্য ম্যাগনেসিয়ামের ওজন। প্রথমে D তেপায়ার উপরে চীনামাটির C ত্রিভুজ রাখ, তারপর ত্রিভুজের উপরে মুচি রাখিয়া মুচির ঢাক্‌না একটু খুলিয়া দাও। E বুনসেন দীপ দ্বারা মুচিকে প্রথমে মৃদুভাবে গরম কর। তৎপরে ঢাক্‌না বন্ধ করিয়া মুচিকে প্রখরভাবে উত্তপ্ত কর। সাবধান যেন মুচি হইতে কোন ধোঁয়া বাহির না হয়। ম্যাগনেসিয়াম জ্বলিতে থাকে। ম্যাগনেসিয়াম ভস্মে (calx) পরিণত হয়। মুচিকে শোষকাধারে শীতল করিয়া পুনরায় ওজন কর। ওজন বৃদ্ধি পাইয়াছে। কেন? ম্যাগনেসিয়াম বায়ুর অক্সিজেনের



৫৩নং চিত্র—মুচিতে ম্যাগনেসিয়ামের দহন।

সহিত যুক্ত হইয়া ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড (MgO) গঠন করে। সেইজন্য ম্যাগনেসিয়ামের ওজন বৃদ্ধি পায়।

মনে কর, মুচির ওজন $= W_1$, মুচির $+$ Mg-এর ওজন $= W_2$, মুচি ও ভস্মের ওজন $= W_3$. $\therefore$ Mg-এর ওজন $= W_2 - W_1$; ভস্মের ওজন $= W_3 - W_1$. Mgএর ওজন বৃদ্ধি $= (W_3 - W_1) - (W_2 - W_1)$.

পরীক্ষায় দেখা যায় 6 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম পোড়াইলে 10 গ্রাম ভস্ম পাওয়া যায়।

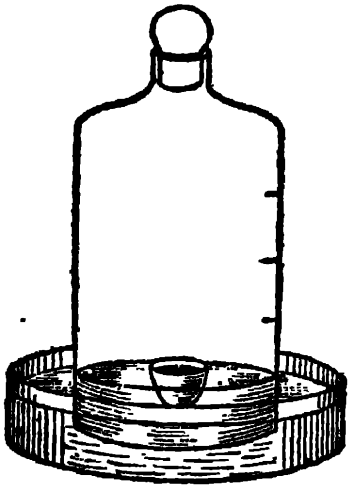
$2Mg + O_2 = 2MgO$; এই সমীকরণ হইতে উপরোক্ত ফল পাওয়া যায়।

এই সঙ্গে বায়ুর নাইট্রোজেনের সামান্য অংশ ম্যাগনেসিয়ামের সহিত যুক্ত হয়।

(খ) একটু খানি ম্যাগনেসিয়াম তার ওজন কর। একটি কাচের চোঙে ওজন-করা ম্যাগনেসিয়াম তারকে জ্বালিয়া ফেলিয়া দাও। তার জ্বলিয়া ভস্মে পরিণত হয়। চোঙের ভিতর যে গ্যাস অবশিষ্ট থাকে তাহাতে প্রজ্বলিত কাঠি নিবিয়া যায়। ইহা নাইট্রোজেন। চোঙের ভিতরের গুঁড়া সংগ্রহ করিয়া ওজন কর। ইহার ওজন তারের ওজন অপেক্ষা অনেক বেশী হইয়াছে, কারণ ম্যাগনেসিয়াম বায়ুর অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডে পরিণত হয়।

(খ) ফস্‌ফরাসের দহন (Burning of phosphorus) ঃ

পরীক্ষা (D) ঃ একটি বড় চওড়া খোলা পাত্রে জল লও। একটি ছোট পোর্সেলেন মুচিতে চিমটা দিয়া ধরিয়া একটু সাদা ফস্‌ফরাস রাখিয়া মুচিটি জলে ভাসাইয়া দাও। এইবার মুচিটির উপর একটি বেলজার ছিপি খোলা অবস্থায় ঢাকা দাও। বেলজারের ভিতরে ও বাহিরে জল একই অনুভূমিক তলে থাকে। বেলজারের ভিতরের জলের তলের উপর হইতে বেলজারের মাথা পর্যন্ত একখণ্ড কাগজ আঁটিয়া পাঁচ সমান অংশে ভাগ করিয়া কাগজের গায়ে দাগ কাট। এইবার উত্তপ্ত কাচদণ্ড দিয়া ফস্‌ফরাসে আগুন ধরাইয়াই তৎক্ষণাৎ ছিপি বায়ুরুদ্ধ ভাবে বন্ধ কর। ফস্‌ফরাস জ্বলিয়া সাদা ধোঁয়া উৎপন্ন করে। খানিকক্ষণ পরে ফস্‌ফরাস

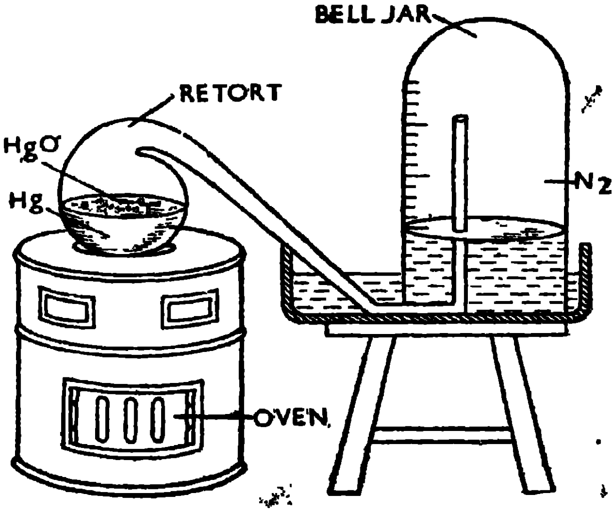

৫৪নং চিত্র—ফস্‌ফরাসের দহন

নিবিয়া যায়। বেলজার শীতল হইলে সাদা ধোঁয়া জলে দ্রবীভূত হয়। দেখা যায়, জলের তল ধীরে ধীরে প্রায় এক দাগ উপরে উঠিয়াছে। অর্থাৎ বায়ুর এক-পঞ্চমাংশ অন্তর্হিত হইয়াছে।

দহনের সময় বেলজারের ভিতর যে বায়ু ছিল তাহার অক্সিজেন ফস্‌ফরাসের সহিত যুক্ত হইয়া ফস্‌ফরাস পেণ্টঅক্সাইড (সাদা গ্যাস) উৎপন্ন করে। ইহা জলে দ্রবীভূত হয়; $4P+5O_2=2P_2O_5$। $P_2O_5+3H_2O=2H_3PO_4$ অক্সিজেনের স্থান শূন্য হয়, জল সেই শূন্যস্থানে উঠিয়া পড়ে। পরীক্ষায় দেখা যায় যে, এক-পঞ্চমাংশ স্থান জল অধিকার করে। সুতরাং **বায়ুর এক-পঞ্চমাংশ অক্সিজেন**। কিছু ফস্‌ফরাস মুচিতে পড়িয়া থাকিলেও বাকী গ্যাস দহনে সাহায্য করে না। এই গ্যাসে জ্বলন্ত শলাকা প্রবেশ করাইলে ইহা নিবিয়া যায়। ইহা **নাইট্রোজেন**। ফস্‌ফরাসের পরিবর্তে বদ্ধ পাত্রের বায়ুতে গন্ধক, কারবন বা মোমবাতি জ্বালাইয়া বা বায়ুকে ক্ষারীয় প্যাইরোগ্যালেট (alkaline pyrogallate) দিয়া ঝাঁকাইয়া অক্সিজেন দূর করা যায়।

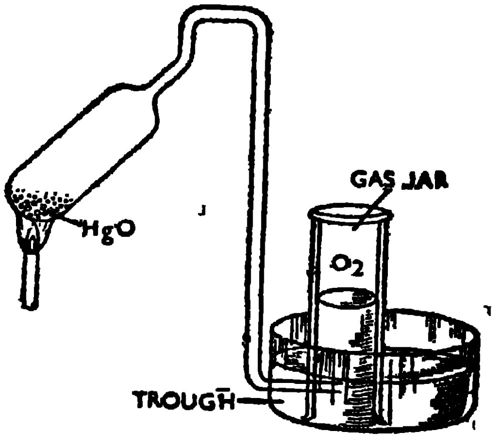
(গ) ল্যাভয়সিয়ার পরীক্ষার ছক (Chart of Lavoisier's experiment):

ল্যাভয়সিয়ার পরীক্ষা—(১) ল্যাভয়সিয়ার একটি দীর্ঘ ও বাঁকা ঊর্ধ্বমুখী গলাযুক্ত **বক্‌যন্ত্রে** (retort) ওজন করা প্রায় 4 আউন্স বিশুদ্ধ পারদ (Hg) লইলেন। বকযন্ত্রের বাঁকা গলা অপর একটি বড় পাত্রস্থিত পারদের মধ্য দিয়া একটু বাহির করিয়া রাখিলেন। তিনি বড় পাত্রের পারদের উপর একটি বেলজার (bell-jar) এমনভাবে উপুড় করিয়া চাপা দিলেন যে বক-যন্ত্রের বাঁকা গলাটি বেলজারের ভিতর থাকে। বেলজারে 50 ঘন ইঞ্চি বায়ু রহিল। বেলজারের বাহিরে ও ভিতরে বড় পাত্রের পারদ একই সমতলে থাকিল। বায়ুর আয়তন মাপিবার জন্য বেলজারের গায়ে দাগ কাটা ছিল। তিনি বকযন্ত্রকে একটি জ্বলন্ত চুল্লীর (oven)



৫৫নং চিত্র—ল্যাভয়সিয়ার পরীক্ষা : বায়ুতে পারদের দহন।

উপর রাখিয়া নিরবচ্ছিন্নভাবে বারদিন যাবৎ পারদের স্ফুটনাঙ্কের কাছাকাছি পারদকে উত্তপ্ত করিলেন। প্রথম দিনে তিনি দেখিলেন যে, পারদের বাষ্প উঠিয়া বেলজারের শীতল অংশের সংস্পর্শে আসিয়া পুনরায় ঘনীভূত হইয়া তরল পারদে মিশিয়া গেল। তিনি দ্বিতীয় দিনে পারদের উপর লাল কণা (scale) ভাসিতে দেখিলেন। বেলজারের বায়ুর আয়তন কমিতে লাগিল এবং বড় পাত্রের পারদ বেলজারের ভিতরে উঠিতে লাগিল। বার দিন পরে লাল কণার পরিমাণ আর বাড়িল না। বেলজারের বায়ু আর কমিল না যেহেতু বেলজারের ভিতর পারদ উঠিয়া একস্থানে স্থির থাকিল। তিনি তখন আগুন নিবাইয়া দেন। বেলজার শীতল হইলে দেখা গেল বেলজারের ভিতরে $\frac{1}{5}$ অংশ (অর্থাৎ 10 ঘন ইঞ্চি) বায়ু কমিয়া গেল; $\frac{4}{5}$ অংশে 40 ঘন ইঞ্চি বায়ু অবশিষ্ট ছিল। তিনি অবশিষ্ট বায়ুর মধ্যে একটি প্রজ্বলিত কাঠি প্রবেশ করাইলেন, তাহা তৎক্ষণাৎ নিবিয়া গেল। ইহাতে তিনি একটি জীবন্ত ছোট ইন্দুর রাখিলেন; তাহার দম আটকাইয়া গেল।



৪৬নং চিত্র—বদ্ধ জায়গায় মারকিউরিক অক্সাইডকে উত্তপ্ত করিলে অক্সিজেন উৎপন্নহয়।

(২) ল্যাভয়সিয়ার তৎপরে বকযন্ত্রে উৎপন্ন লাল পদার্থকে পৃথক করিয়া একটি কাচপাত্রে রাখিয়া পাত্রের মুখে সরু নির্গমনল জুড়িয়া দিলেন। তিনি নির্গমনলের মুখটি গ্যাস-দ্রোণীর (trough) জলের ভিতর রাখিয়া ইহার উপর একটি জলপূর্ণ গ্যাসজার (gas-jar) উপুড় করিয়া রাখিলেন। তিনি ধীরে ধীরে পাত্রটিকে বালিগাহে 400°C পর্যন্ত উত্তপ্ত করিলেন।* লাল পদার্থ হইতে একটি বর্ণহীন গ্যাস বিচ্যুত হইয়া গ্যাস-জারে জমা হইল। লাল পদার্থটি পুনরায় টলটলে উজ্জ্বল পারদে পরিণত হইল। গ্যাস নির্গমন বন্ধ

---

* পারদের স্ফুটনাঙ্ক (boiling point) 357°C। তরল পারদকে স্ফুটনাঙ্কের চেয়ে কম উত্তপ্ত করিলে লাল মারকিউরিক অক্সাইড উৎপন্ন হয়। আবার মারকিউরিক অক্সাইডকে স্ফুটনাঙ্কের উর্ধ্ব উষ্ণতায় (400°C) উত্তপ্ত করিলে মারকিউরিক অক্সাইড বিয়োজিত হয়।

না হওয়া পর্যন্ত তিনি পাত্রকে উত্তপ্ত করিলেন। তিনি দেখিলেন (১) বেলজার হইতে যে আয়তন গ্যাস অন্তর্হিত হইয়াছিল এই উৎপন্ন গ্যাসের আয়তন ঠিক তাহার সমান। (২) তিনি তুলাযন্ত্রে ওজন করিয়া দেখিলেন যে, যে পরিমাণ পারদ লইয়া পরীক্ষা আরম্ভ হইয়াছিল ঠিক সেই পরিমাণ পারদ ফেরৎ পাওয়া গেল। (৩) উৎপন্ন গ্যাসে অর্ধজ্বলন্ত কাঠি দিলে ইহা উজ্জ্বলভাবে জ্বলিয়া উঠে। (৪) উৎপন্ন গ্যাসে জীবন্ত ইন্দুর রাখিলে তাহা মরিয়া যায় না।

এই দুই পরীক্ষা হইতে ল্যাভয়সিয়ার প্রমাণ করিলেন যে :—

(১) সাধারণ বায়ুর মধ্যে দুইটি গ্যাস আছে। একটি দহনকার্যের ও শ্বাসকার্যের জন্য অপরিহার্য। আর একটিতে দীপ নিবিয়া যায়। প্রথম গ্যাসের নাম **অক্সিজেন**; তিনি এই গ্যাসকে প্রথম প্রাণ-বায়ু (vital air) নাম দেন। দ্বিতীয় গ্যাসের নাম দেন নিষ্ক্রিয় বায়ু (azote), পরে ইহার নাম হয় **নাইট্রোজেন**। মোটামুটি বায়ুর $\frac{4}{5}$ অংশ নাইট্রোজেন ও $\frac{1}{5}$ অংশ অক্সিজেন।

(২) তাপ দ্বারা কেবল অক্সিজেন ও পারদের রাসায়নিক সংযোগ হয়। নাইট্রোজেন কোন অংশ গ্রহণ করে না। ইহার ফলে লাল মারকিউরিক অক্সাইড (HgO) উৎপন্ন হয়। $2Hg + O_2 = 2HgO$।

ল্যাভয়সিয়ারের পূর্বে বিজ্ঞানীরা মনে করিতেন যে, দহনের সময় ফ্লজিস্টন (Phlogiston) নামক একটি পদার্থ দাহ্য পদার্থ হইতে বহির্গত হয়। সুতরাং দহনের পর পদার্থের ওজন হ্রাস পাওয়া উচিত কিন্তু ল্যাভয়সিয়ারের পরীক্ষায় দেখা গেল, দাহ্য পদার্থটি অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া অক্সাইড গঠন করে। সেইজন্য দাহ্য পদার্থের ওজন বাড়ে। সুতরাং ল্যাভয়সিয়ার এই আবিষ্কারের দ্বারা নব্য রসায়নের ভিত্তি স্থাপন করেন।

ল্যাভয়সিয়ারই প্রথম রাসায়নিক পরীক্ষাতে তুলাযন্ত্র ব্যবহার করেন।

(৩) **টিন দ্বারা পরীক্ষা:** ল্যাভয়সিয়ার বকযন্ত্রকে ওজন করিলেন। তৎপরে ইহাতে একটু টিন রাখিয়া ওজন করিলেন। দুই ওজনের পার্থক্য = টিনের ওজন। বকযন্ত্রের মুখ আগুনে গলাইয়া বন্ধ করিয়া অনেকক্ষণ যাবৎ ইহাকে উত্তপ্ত করিলেন। টিনের কিয়দংশ কালো পদার্থে পরিণত হইল। বকযন্ত্রকে শীতল করিয়া ওজন করিলেন। ওজনের কোন পার্থক্য হইল না। বকযন্ত্রের মুখ আগুনে গলাইয়া খুলিলে বায়ু বকযন্ত্রে সবেগে প্রবেশ করিল এবং বকযন্ত্রের ওজন বাড়িল। তিনি ভিতরের পোড়া (calcined) কালো টিন

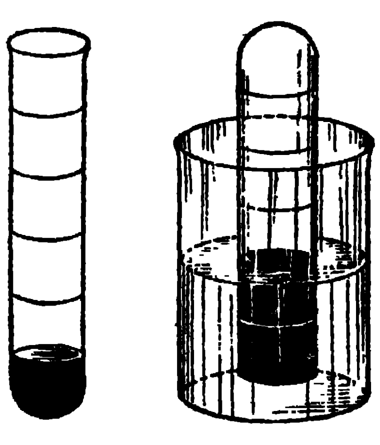
বাহির করিয়া ওজন করিলেন। টিনের ওজন বাড়িয়াছিল। টিনের বাড়তি ওজন = বকযন্ত্রের বাড়তি ওজন। অবশিষ্ট গ্যাস টিনের সঙ্গে কোন ক্রিয়া করে না।

এই পরীক্ষা হইতে ল্যাভয়সিয়ার প্রমাণ করেন :—(১) বায়ুর সক্রিয় অংশ অক্সিজেন উত্তপ্ত টিনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া কালো টিনের অক্সাইডে পরিণত হয়। সেইজন্য টিনের ওজন বাড়ে। (২) যদিও বকযন্ত্রে কিছুটা টিন পড়িয়া থাকে, বায়ুর নিষ্ক্রিয় অংশ (নাইট্রোজেন) টিনের সঙ্গে যুক্ত হয় না।

ল্যাভয়সিয়ার বায়ুর সম্পর্কে নিম্নলিখিত পরিক্ষাও করেন :—

(ক) ল্যাভয়সিয়ার চারিভাগ নাইট্রোজেনের সহিত একভাগ অক্সিজেন মিশাইয়া কৃত্রিম বায়ু গঠন করিয়া দেখেন যে, কৃত্রিম বায়ুর সহিত স্বাভাবিক বায়ুর ধর্মের কোন প্রভেদ নাই। ইহাদের মিশ্রণের সময় কোন তাপ উদ্ভূত বা শোষিত হয় না। (খ) ল্যাভয়সিয়ার উত্তপ্ত লাল কণা হইতে উদ্ভূত গ্যাসে কারবন, গন্ধক, ফস্‌ফরাস প্রভৃতি অধাতু দহন করিয়া যে গ্যাস পান তাহাদিগকে জল মিশাইয়া অ্যাসিড উৎপন্ন করেন। সেইজন্য তিনি এই গ্যাসের নাম পরিবর্তন করিয়া অক্সিজেন নাম রাখেন। 'অক্সিজেন' কথার অর্থ অ্যাসিড-উৎপাদক (acid producer)।

পরীক্ষা : অক্সিজেন অ্যাল্‌কালাইন প্যাইরোগ্যালেট (alkaline pyrogallate) দ্রবণ দ্বারা শোষিত হয়। একটি এক-মুখ-বন্ধ দীর্ঘ কাচনল দাগ কাটিয়া সমান ছয় ভাগে ভাগ কর। এক ভাগ পর্যন্ত অ্যাল্‌কালাইন পাইরোগ্যালেট দ্রবণ দিয়া ভর্তি কর। বুড়া আঙুল দিয়া খোলা মুখ বন্ধ করিয়া নলটি ভালরূপে ঝাঁকাইয়া দাও। এই বিকারক নলের বায়ুর অক্সিজেন শুষিয়া লয়। এখন নলকে দীর্ঘ পাত্রের জলের মধ্যে উল্টাইয়া ধর। জল নলের ভিতর উঠে। নলকে উঠাইয়া বা নামাইয়া নলের বাহিরের ও ভিতরের জল একতলে আন। দেখিবে, জল দ্বিতীয় দাগ পর্যন্ত উঠিয়াছে। সুতরাং নলের মধ্যে পাঁচ ভাগের এক ভাগ অক্সিজেন ছিল।



৫৭নং চিত্র—অ্যাল্‌কালাইন পাইরো-গ্যালেট দ্বারা বায়ুর সংযুক্তি নির্ণয়।

বায়ুর বিরল গ্যাস (Rare Gas) ঃ একশত ভাগ বায়ুতে মাত্র 0·8 ভাগ বিরল গ্যাস থাকে। ইহাদিগকে আরগন, হিলিয়াম, নিয়ন, ক্রিপ্‌টন ও জেনন বলে। ইহারা অত্যন্ত নিষ্ক্রিয় পদার্থ। ইহাদিগের সহিত অন্য মৌলের কোন রাসায়নিক সংযোগ ঘটে না। এই সকল গ্যাসের মধ্যে আরগনের ভাগ অধিক। বৈজ্ঞানিক র‍্যামজে (Ramsay) বায়ুকে জলীয় বাষ্প, কারবন ডাই-অক্সাইড হইতে মুক্ত করিয়া অবশিষ্ট বায়ুকে প্রথমে উত্তপ্ত কপারের উপর দিয়া চালনা করাইয়া অক্সিজেনকে অপসারিত করেন। পরে অবশিষ্ট বায়ুকে উত্তপ্ত ম্যাগনেসিয়ামের উপর দিয়া অতিক্রম করাইলে বায়ুর নাইট্রোজেন ম্যাগনেসিয়াম দ্বারা শোষিত হইয়া অপসারিত হইলেও বায়ুর কিছু গ্যাস অবশিষ্ট থাকে। ইহাকে তিনি **আরগন** নাম দেন। পরে তরল বায়ু হইতে অপর গ্যাসগুলি আবিষ্কৃত হয়।

তড়িৎ-বালবে বায়ু থাকিলে বা নাইট্রোজেন থাকিলে বালব বেশী দিন টিকে না। পরীক্ষায় দেখা গিয়াছে, আরগনভর্তি বালবগুলি অনেক দিন চলে। আমেরিকা এইরূপ বালব ব্যবহার করিয়া বৎসরে বহু টাকা সাশ্রয় করিতেছে। কাচনলে নিয়ন গ্যাস ভর্তি করিয়া তড়িৎ চালনা করিলে নলটি লাল আলো বিকীর্ণ করে। নিয়নের সহিত সামান্য পারদের বাষ্প মিশ্রিত থাকিলে আলো নীল হয়। আরগনে আলো বেগুনী হয়। হিলিয়াম ব্যবহারে দুধের মত সাদা আলো পাওয়া যায়। আজকাল রাস্তার মোড়ে আলোর সংকেতে ও দোকানে বিজ্ঞাপন দিবার জন্য এই সকল রঙিন আলো ব্যবহৃত হয়। হিলিয়াম গ্যাস বায়ু অপেক্ষা অনেক হাল্‌কা কিন্তু হাইড্রোজেনের মত সহজদাহ্য নয়। সুতরাং বিমান ও বেলুনে এই গ্যাস-ভর্তি করা হয়।

৬৬ (চ) **বায়ু অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের মিশ্রণ** (Mixture), **যৌগ** (Compound) **নহে** ঃ বায়ু যে অক্সিজেন (O_2) এবং নাইট্রোজেনের (N_2) মিশ্রণ—ইহা নিম্নলিখিত পরীক্ষা দ্বারা বোঝানো যায়ঃ—(ক) যে কোন যৌগের উপাদানের তৌলিক অনুপাত একেবারে নির্দিষ্ট থাকে। সেই অনুপাতের একটুকুও এদিক-ওদিক হয় না। বিভিন্ন স্থানের ও বিভিন্ন সময়ের বায়ুকে পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে, নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের অনুপাতে সামান্য পার্থক্য থাকে। (খ) দুইটি গ্যাসের রাসায়নিক সংযোগ ঘটিবার সময় হয় তাপ উদ্ভূত কিংবা শোষিত হয় এবং সময়ে সময়ে আয়তনের পরিবর্তন হয় কিন্তু বায়ুতে যে অনুপাতে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন (21 : 78) থাকে সেই

অনুপাতে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন মিশাইলে কোন তাপীয় বা আয়তনিক পরিবর্তন হয় না, যদিও এই মিশ্রণ বায়ুর মত ব্যবহার করে। (গ) বায়ুতে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন ইহাদের পারমাণবিক ওজনের (16 ও 14) সরল গুণিতক অনুপাতে থাকে না; প্রত্যেক যৌগেরই এইরূপ অনুপাত থাকে। (ঘ) বায়ুতে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের ধর্ম পুরাপুরি বজায় থাকে, যদিও তাহাদের তীব্রতা কিছু হ্রাস পায়। যৌগে উপাদানের ধর্ম লোপ পায়। (ঙ) যদি বায়ু যৌগ হয় তবে শতকরা তৌলিক সংযুতি (75·5 ভাগ নাইট্রোজেন ও 23·5 ভাগ অক্সিজেন) হইতে আণবিক ফরমূলা হইবে N_4O এবং বায়ুর-ঘনাঙ্ক হইবে আণবিক ওজন $\div 2 = (14 \times 4 + 16) \div 2 = 36$। যদি বায়ু 4 আয়তন নাইট্রোজেন ও 1 আয়তন অক্সিজেনের মিশ্রণ হয় এবং যদি বায়ুর ঘনাঙ্ক $= D$ হয় তবে 5 আয়তন বায়ুর ওজন = আয়তন × ঘনাঙ্ক = $5 \times D$. যদি N-এর বাষ্প-ঘনাঙ্ক = 14, O-এর বাষ্প-ঘনাঙ্ক = 16 হয় তবে উহাদের ওজন পৃথক ভাবে $= 4 \times 14 + 1 \times 16$ $\therefore$ $5 \times D = 4 \times 14 + 1 \times 16$; $\therefore D = 14{\cdot}4$. বায়ুর পরীক্ষায় দেখা যায় যে, বায়ুর ঘনাঙ্ক = 14·4। সুতরাং বায়ু অক্সিজেনের ও নাইট্রোজেনের মিশ্রণ। (চ) বায়ুর নাইট্রোজেনকে ও অক্সিজেনকে সহজ উপায়ে পৃথক করা যায়:

(i) একটি সচ্ছিদ্র নলে বায়ুকে আবদ্ধ করিয়া রাখিলে বায়ু ছিদ্রের মধ্য দিয়া ব্যাপিত (diffuse) হয় এবং অক্সিজেনের চেয়ে নাইট্রোজেন বেশী দ্রুতবেগে নলের বাহিরে আসে। কারণ নাইট্রোজেন অক্সিজেন অপেক্ষা হাল্‌কা। বায়ু যৌগ হইলে উপাদান দুইটিকে এইরূপে পৃথক করা যাইত না।

(ii) তরল বায়ুকে বাষ্পীভূত করিলে বেশী উদ্বায়ী নাইট্রোজেন প্রথমে বাষ্পীভূত হয় এবং তরলের উষ্ণতা বাড়ে। এইরূপে তরল বায়ু হইতে আংশিক-পাতনের সাহায্যে অক্সিজেন হইতে নাইট্রোজেনকে পৃথক করা যায়। কিন্তু যৌগ নির্দিষ্ট উষ্ণতায় একসঙ্গে বাষ্পীভূত হয়।

(iii) জলে বায়ুর দ্রবণকে গরম করিলে যে বায়ু বাহির হয় তাহাতে অক্সিজেনের ভাগ বেশী থাকে। কারণ নাইট্রোজেনের চেয়ে অক্সিজেন জলে বেশী দ্রাব্য। বায়ু যৌগ হইলে দ্রবীভূত ও অদ্রবীভূত বায়ুর সংযুতি পরিবর্তিত হইত না।

৬৬(ক)। **গৃহে তাপ সংরক্ষণ** (Air conditioning): আজকাল লোকসমাগমের বড় গৃহে, যথা সিনেমা-হলে যন্ত্র দিয়া মানবদেহের উপযোগী

করিয়া বায়ুর তাপ ও আদ্র্তা নিয়ন্ত্রণ করা হয়। এই উপায়ে গৃহের উষ্ণতা 70° ফাঃ-তে বজায় থাকে, আদ্র্তা নিয়ন্ত্রিত হয়, গৃহে বায়ু সঞ্চারিত হয় এবং বায়ুর ধূলিকণা ও রোগজীবাণু অপসারিত হয়।

[**শিক্ষক নির্দেশ ঃ** বায়ুর উপাদানের পরীক্ষাগুলি অতি সহজ। এইগুলি ক্লাসে দেখানো প্রয়োজন।]

প্রশ্নাবলী

1. Justify the statement "Air is a mixture of oxygen and Nitrogen." "বায়ু অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের মিশ্রণ" এই উক্তির সমর্থন কর।

2. Describe Lavoisier's memorable experiments on 'the composition of air and state the conclusions he drew from the results. ল্যাভয়সিয়ারের বায়ুর সংযুক্তি সম্পর্কে বিখ্যাত পরীক্ষাগুলি বর্ণনা কর। তিনি ইহার ফল হইতে কি সিদ্ধান্ত গ্রহণ করেন?

3. Prove by experiment that air contains water-vapour and carbon dioxide. বায়ুতে জলীয় বাষ্প ও কারবন ডাই-অক্সাইড আছে তাহা পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ কর।

4. Name the different constituents of air and give proofs of their existence in air. বায়ুর বিভিন্ন উপাদানগুলির নাম বল এবং বায়ুতে উহাদের অস্তিত্ব প্রমাণ কর।

5. State the utilities of different constituents of air. বায়ুর বিভিন্ন উপাদানগুলির উপকারিতা বল।

6. What volume of nitrogen is left behind when magnesium is burnt in 500 c. c. of air?

ষষ্ঠ অধ্যায়

[**Course Content** : Oxygen : (a) Preparation (from mercuric oxide and from potassium chlorate), catalysis (only definition and illustration). Commercial preparation from liquid air. Properties and uses. D. The burning of charcoal, sulphur, phosphorus, magnesium, sodium and iron. Testing the product with water and litmus. (b) Oxide may be gaseous, solid or liquid, Acidic and basic oxides.]

অক্সিজেন (Oxygen)

পা: ওজন—16, আ: ফরমূলা—O_2, যোজ্যতা—2.

৬৭। **ইতিহাসঃ** অক্সিজেনের (বাংলায় অম্লজান—Oxys—sour, genas—to produce) অর্থে অম্লোৎপাদক ; কিন্তু এই নামের কোন সার্থকতা নাই, কারণ অনেক অম্লেই অক্সিজেন নাই। সব অক্সাইড আম্লিক নয়। প্রীস্টলে ও শীলে পৃথক ভাবে অক্সিজেন আবিষ্কার করেন। ল্যাভয়সিয়ার ইহার নামকরণ করেন এবং ইহার প্রকৃত পরিচয় দেন।

৬৮। **অবস্থানঃ** সকল মৌলের মধ্যে অক্সিজেনই প্রকৃতিতে বেশী পরিমাণে পাওয়া যায়। ইহাকে মুক্ত অবস্থায় বায়ুতে (21%) পাওয়া যায়। ইহা অত্যন্ত সক্রিয় পদার্থ, সেইজন্য ইহা যুক্ত অবস্থায় চারিদিকে ছড়াইয়া আছে। ইহা যুক্ত অবস্থায় জলে, ভূস্তরে, উদ্ভিদে ও প্রাণিদেহে পাওয়া যায়।

৬৯। **প্রস্তুত প্রণালীঃ পরীক্ষা** (D)**ঃ পটাসিয়াম ক্লোরেট হইতেঃ**

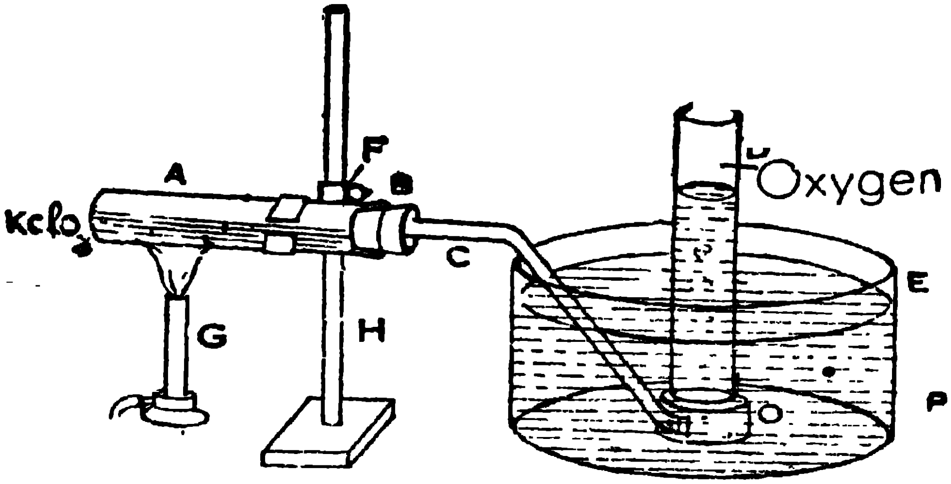
নীতিঃ পটাসিয়াম ক্লোরেটে অক্সিজেনের ভাগ অধিক। শুধু ইহাকেই উত্তপ্ত করিলে অক্সিজেন পাওয়া যায়। কিন্তু এই অবস্থায় ইহাকে খুব উচ্চ উষ্ণতা পর্যন্ত উত্তপ্ত করিতে হয় এবং অক্সিজেন দুই ধাপে উদ্ভূত হয়, যথা :—

(ক) প্রথম ধাপে 350°C উষ্ণতায় ইহা গলিয়া যায় এবং ধীরে ধীরে বিশ্লিষ্ট হইয়া অক্সিজেন উৎপন্ন করে। সামান্য অক্সিজেন বাহির হইবার পর বেশীর ভাগ তরল $KClO_3$ কঠিন $KClO_4$এ (পটাসিয়াম পার-ক্লোরেটে) পরিণত হয় ; (i) $2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$.

(ii) $4KClO_3 = 3KClO_4 + KCl$.

(খ) দ্বিতীয় ধাপে 630°C উষ্ণতায় অক্সিজেন অধিক পরিমাণে উৎপন্ন হয় এবং তখন $KClO_4$ বিয়োজিত হয়, $KClO_4 = KCl + 2O_2$, যদি পটাসিয়াম ক্লোরেটের সঙ্গে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড, কিউপ্রিক অক্সাইড বা প্লাটিনামের গুঁড়া মিশ্রিত করা যায় তবে পটাসিয়াম ক্লোরেট 200-300°C উষ্ণতাতেই খুব দ্রুত বিশ্লিষ্ট হয় এবং অক্সিজেন উত্থিত হয়। পরীক্ষাগারে সাধারণতঃ ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ব্যবহৃত হয়। এই সকল দ্রব্য অনুঘটকের কাজ করে।

পদ্ধতি ঃ পাঁচ ভাগ গুঁড়া পটাসিয়াম ক্লোরেট ($KClO_3$) ও এক ভাগ ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড (MnO_2) খলে (mortar) উত্তমরূপে মাড়িয়া মিশ্রিত কর।



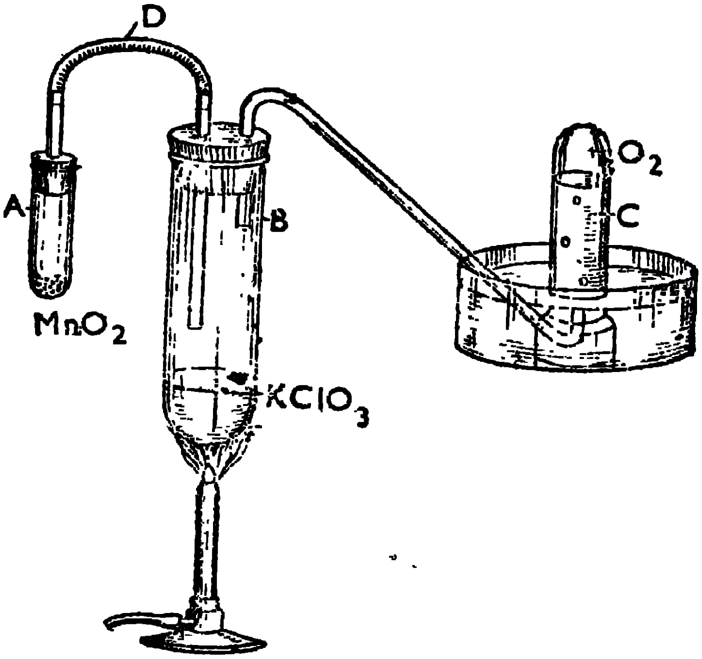
৫৮নং চিত্র—অক্সিজেন প্রস্তুত-প্রণালী

তাপসহ (fireproof) একটি শক্ত কাচের মোটা পরীক্ষানল (test tube) Aর অর্ধেকটা এই মিশ্রণ দ্বারা ভর্তি কর। A নলের মুখে B কর্ক ও C দীর্ঘ বাঁকানো নির্গম-নল (delivery tube) লাগাও। একটি জলপূর্ণ গ্যাসজার Dর মুখে ঢাক্‌না (cover glass) দিয়া জলপূর্ণ গ্যাসদ্রোণী (pneumatic trough) E-এর মধ্যে জারকে উপুড় করিয়া ঢাক্‌না সরাও এবং দ্রোণীর ভিতর অবস্থিত ছিদ্রযুক্ত চাকতি (beehive shelf) O-এর উপর জারকে রাখ।

A নলের মুখকে অনুভূমিক তল হইতে নীচের দিকে একটু নত করিয়া রাখিয়া F বন্ধনী দিয়া H দণ্ডে আটকাও এবং নির্গম-নলের মুখকে গ্যাসজারের মধ্যে ঢুকাইয়া রাখ। এইরূপ অবস্থায় নলের দৈর্ঘ্য বরাবর মিশ্রণের উপর দিয়া গ্যাস বাহির হইবার রাস্তা থাকে। A নলকে G বুনসেন দীপ দ্বারা সাবধানে ধীরে ধীরে সামনে হইতে পিছন দিকে সমানভাবে উত্তপ্ত

কর। পটাসিয়াম ক্লোরেট বিশ্লিষ্ট হইয়া অক্সিজেন উৎপন্ন হয়। প্রথমে কয়েকটি বুদ্‌বুদ্‌ বাহির হইতে দাও, তৎপরে অক্সিজেন জলকে অপসারিত করিয়া গ্যাস-জারে জমে। গ্যাস-জার গ্যাসে পূর্ণ হইলে জারের মুখ ভেসেলিন-মাখানো কাচের ঢাক্‌না দিয়া জল হইতে জার তুলিয়া লও। তৎপরে এইরূপ কয়েকটি জার অক্সিজেন গ্যাস দ্বারা পূর্ণ কর।

ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড অনুঘটক: ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের ভর ও সংযুতি ক্রিয়ার আগে ও পরে অপরিবর্তিত থাকে। সুতরাং ইহা অনুঘটকের কাজ করে। নিম্নলিখিত পরীক্ষা হইতে ইহা জানা যায়:



৫৯নং চিত্র—MnO_2কে $KClO_3$-র সহিত যোগ করিলে অক্সিজেন দ্রুত উৎপন্ন হয়।

(ক) একটি মোটা শক্ত B পরীক্ষা-নলে পটাসিয়াম ক্লোরেটকে উত্তপ্ত কর, যতক্ষণ না সামান্য অক্সিজেন ধীরে ধীরে উত্থিত হইয়া C গ্যাস-জারে জমে। দীপ সরাইয়া লও। গ্যাসজারে গ্যাসের বুদ্‌বুদ্‌ উঠা বন্ধ হয়। পার্শ্বের A ছোট পরীক্ষা-নলে গুঁড়া ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড থাকে। ইহা মোটা পরীক্ষা-নলের সহিত D রবার-নল দ্বারা যুক্ত থাকে। এইবার A নলকে একটু উঁচু করিলে কিছু গুঁড়া মোটা নলে তপ্ত পটাসিয়াম ক্লোরেটের উপর পতিত হয়। পুনরায় অক্সিজেন গ্যাসজারে জমে।

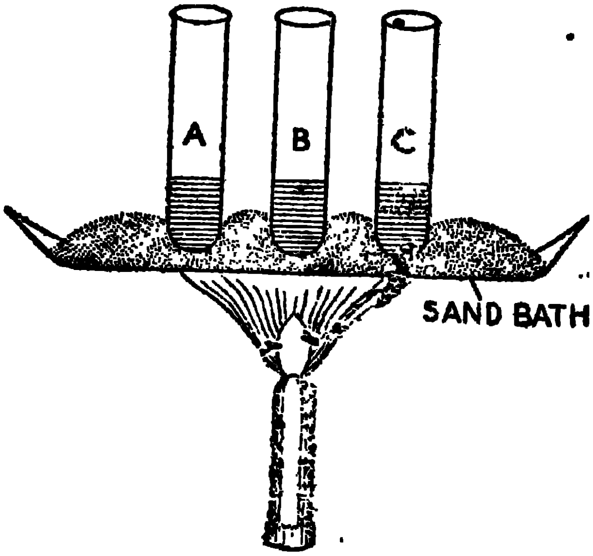
(খ) MnO_2 ও $KClO_3$ সঠিকভাবে ওজন করিয়া মিশাও। যতক্ষণ পর্যন্ত অক্সিজেন গ্যাস-জারে জমে ততক্ষণ পর্যন্ত A-নলের মিশ্রণকে গরম

কর। নলে MnO_2 এবং KCl অবশেষ থাকে। এই অবশেষকে পাতিত জলে রাখিয়া নাড়; KCl জলে দ্রবীভূত হয়, MnO_2 হয় না। দ্রবণকে ফিল্‌টার কর।

MnO_2 ফিল্‌টার কাগজে আটকাইয়া যায়। MnO_2কে ভালরূপে ধৌত করিয়া স্টীমগাহে শুষ্ক করিয়া ওজন কর। MnO_2-এর এই ওজন পূর্বের ওজনের সমান হয়। পরিস্রুতে $AgNO_3$ দিলে ঘোলাটে হয়। পরিস্রুতে ক্লোরাইড আছে বোঝা যায়।

এই অবশিষ্ট MnO_2-এর সঙ্গে আবার 5 গুণ $KClO_3$ মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে পুনরায় সমপরিমাণ অক্সিজেন পাওয়া যায়। প্রায় পূর্বের ওজনের সমপরিমাণ MnO_2 অবশিষ্ট থাকে।

(গ) তিনটি সমায়তন পরীক্ষা-নল লও। A পরীক্ষা-নলে 2 গ্রাম ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড এবং 10 গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরেটের মিশ্রণ রাখ। B পরীক্ষা-নলে 12 গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরেট লও। C পরীক্ষা-নলে 12 গ্রাম ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড লও। তিনটি পরীক্ষা-নলকে বালির মধ্যে ডুবাইয়া রাখ। বালিগাহকে দীপ দ্বারা উত্তপ্ত কর। তিনটি পরীক্ষা-নলের মুখে ঘন ঘন অর্ধজ্বলন্ত শিখা রাখিয়া দেখা গেল যে, A পরীক্ষা-নল হইতে সর্বপ্রথমে অক্সিজেন উত্থিত হয়। সেই উষ্ণতায় অন্য পরীক্ষা-নল হইতে গ্যাস উত্থিত হয় না।



৬০নং চিত্র—MnO_2 অনুঘটকের কাজ করে।

এই সকল পরীক্ষা হইতে বুঝা যায় যে, (i) $KClO_3$-কে অধিক উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে অক্সিজেন উদ্ভূত হয়। (ii) ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড সামান্য পরিমাণে মিশাইলে কম উষ্ণতায় অক্সিজেন উদ্ভূত হয়। (iii) ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের পরিমাণের ও সংযুক্তির কোন পরিবর্তন হয় না। (iv) পটাসিয়াম ক্লোরেট বিশ্লিষ্ট হইয়া KCl ও অক্সিজেন উৎপন্ন হয়।

অক্সিজেন প্রস্তুতে সতর্কতা : (১) 59নং চিত্রের পরীক্ষা-নলের পিছন দিক একটু উঁচু ও সামনের দিক একটু নীচু থাকিবে।

(২) পরীক্ষানলের অর্ধেক বেধ মিশ্রণে ভর্তি করিবে যাহাতে মিশ্রণের উপর দিয়া গ্যাস সহজে বাহির হইতে পারে।

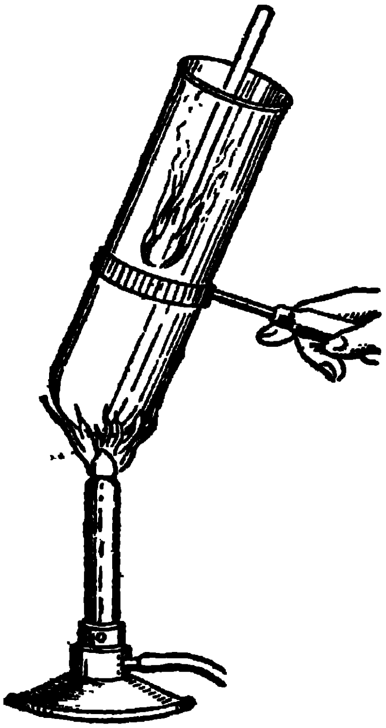
(৩) MnO_2 বিশুদ্ধ হওয়া দরকার, কারণ সাধারণ MnO_2র সহিত কয়লা মিশানো থাকে। কয়লা থাকিলে MnO_2-র সহযোগে কয়লা জ্বালিয়া বিস্ফোরণ ঘটিতে পারে। মূল পরীক্ষার পূর্বে ছোট পরীক্ষা-নলে সামান্য মিশ্রণ উত্তপ্ত করিয়া আগুন জ্বলে কিনা দেখিবে।

(৪) বেশী অক্সিজেন দরকার হইলে ধাতব ফ্লাস্ক ব্যবহার করিবে।

(৫) পরীক্ষা-নলকে সামনে হইতে পিছন দিকে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করিবে।

(৬) গ্যাস-জারে গ্যাস ভরা বন্ধ হইলে নির্গম-নলের মুখ জলের উপর রাখিবে নচেৎ জল পরীক্ষা-নলে ঢুকিতে পারে।

বিশুদ্ধ $KClO_3$কে উত্তপ্ত করিয়া উদ্ভূত অক্সিজেন গ্যাসকে যথাক্রমে KOH দ্রবণের, তীব্র H_2SO_4 অ্যাসিডের ও P_2O_5-এর মধ্য দিয়া অতিক্রম করাইলে বিশুদ্ধ অক্সিজেন পাওয়া যায়।



৬১নং চিত্র—
মারকিউরিক অক্সাইডকে উত্তপ্ত করিলে অক্সিজেন উৎপন্ন হয়।

(২) **মারকিউরিক অক্সাইড (HgO) হইতে ঃ** শীলে ও ল্যাভয়সিয়ার এই প্রণালীতে অক্সিজেন উৎপন্ন করেন [৬৯ (গ) (২) নং পরীক্ষা দেখ]। কিন্তু শীলে তাপ প্রয়োগ না করিয়া সূর্যরশ্মিকে শক্তিশালী আতসী কাচ দ্বারা কেন্দ্রীভূত করিয়া HgO-এর উপর ফেলিয়া ইহাকে বিয়োজিত করেন।

পরীক্ষাগারে সোজা উপায়ে এই পরীক্ষা করা যায়। একটি বড় পরীক্ষানলে কিছু মারকিউরিক অক্সাইড লও। বুনসেন দীপে ইহাকে খুব উত্তপ্ত কর। একটি অর্ধজ্বলন্ত শলাকা পরীক্ষানলের মুখে প্রবেশ করাও। শলাকা প্রজ্বলিত হয়। পরীক্ষা-নলে পারদ পড়িয়া থাকে।

মারকিউরিক অক্সাইডের পরিবর্তে পটাসিয়াম নাইট্রেট (KNO_3) বা রেড

লেড, ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড, পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট, লেড নাইট্রেট প্রভৃতিকে উপরে বর্ণিত-উপায়ে অধিক উত্তপ্ত করিলে অক্সিজেন পাওয়া যায়।

এই সকল বস্তুতে অধিক অক্সিজেন থাকে।

$$2KNO_3 = O_2 + 2KNO_2.$$
$$3MnO_2 = Mn_3O_4 + O_2.$$
$$2KMnO_4 = K_2MnO_4 + MnO_2 + O_2.$$
$$2Pb(NO_3)_2 = 2PbO + 4NO_2 + O_2.$$

বিনাতাপে অক্সিজেন প্রস্তুতি :

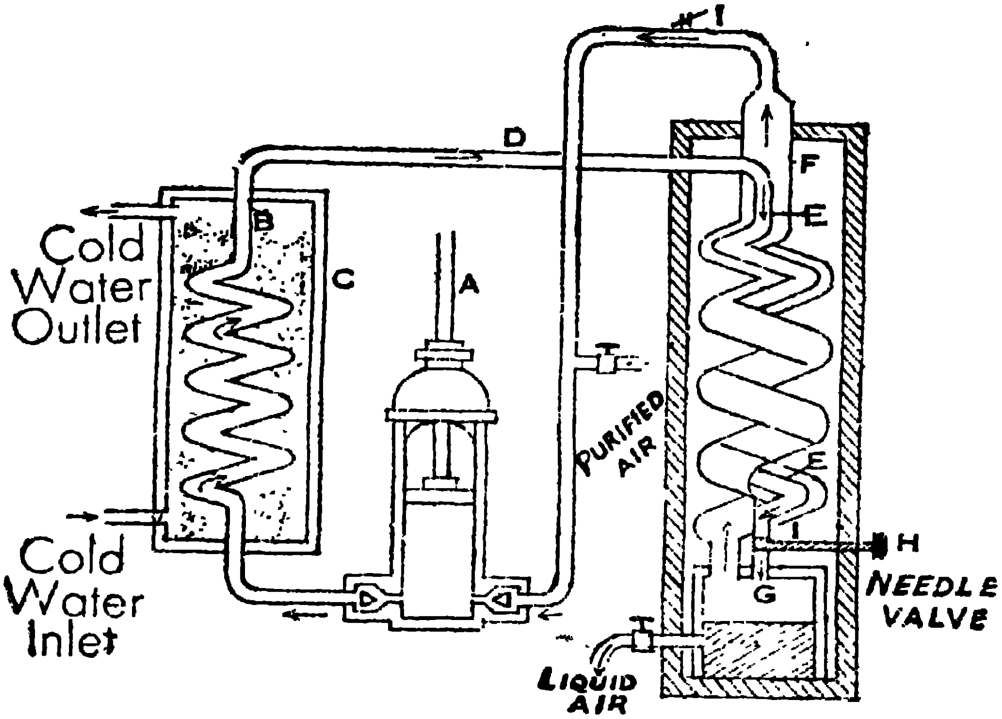
সোডিয়াম পারক্সাইড জলের সহিত বিনাতাপে অক্সিজেন উৎপন্ন করে; $2Na_2O_2 + 2H_2O = O_2 + 4NaOH.$

৭০। **অক্সিজেনের পণ্য-উৎপাদন (Commercial Preparation of Oxygen) :** (১) **বায়ুর তরলী-করণ :** বায়ুতে প্রচুর অক্সিজেন আছে। বায়ুর কোন মূল্য নাই। সুতরাং বায়ু হইতে অক্সিজেন প্রস্তুতে খরচ কম হয়। প্রথমে নিম্ন উষ্ণতায় ও উচ্চচাপে বায়ুকে তরল করা হয়। পরে তরল বায়ু হইতে আংশিকপাতন ক্রিয়ার দ্বারা অক্সিজেন উৎপাদন করা হয়।

জুল (Joule) ও টমসন (Thomson পরে Lord Kelvin) আবিষ্কার করেন যে বায়ুকে পাম্প দিয়া সংকুচিত করিয়া হঠাৎ সরু ছিদ্রের মধ্য দিয়া ছাড়িয়া দিলে ইহার আয়তন বৃদ্ধি পায়। আয়তন-বৃদ্ধির জন্য তাপের প্রয়োজন হয়। বায়ু নিজের দেহ হইতে তাপ টানিয়া লয় এবং নিজে শীতল হইয়া পড়ে। বায়ুকে প্রথমে জলীয় বাষ্প ও কারবন ডাই-অক্সাইড হইতে মুক্ত করিয়া সংনমন পাম্প (A) দ্বারা কুণ্ডলী-নলে (B) প্রচণ্ড চাপে (বায়ুমণ্ডলের দুই শতগুণ অধিক চাপে) প্রবেশ করানো হয়। এই সংনমিত বায়ুকে শীতল জল দ্বারা C প্রকোষ্ঠে শীতল করা হয়। তৎপরে ইহা D নল দিয়া E কুণ্ডলী নলে প্রবেশ করে, সেখান হইতে এই উচ্চচাপের শীতল বায়ু সরু ছিদ্র (G) দিয়া অন্য প্রকোষ্ঠে প্রবেশ করিবার সময় সাধারণ চাপে আসে সুতরাং ইহা হঠাৎ প্রসারিত ও আরো শীতল হয়। এই শীতল বায়ুকে পুনরায় A পাম্প দ্বারা সংনমিত করা হয়। এইরূপে পর পর সংনমন ও প্রসারণের দ্বারা একই বায়ুর উষ্ণতা ক্রমশঃ কমিতে কমিতে—190°Cতে পৌছাইলে ইহা তরলে পরিণত হয় (৬২নং চিত্র)। তরল বায়ু অত্যন্ত শীতল। বরফের উষ্ণতা O°C, তরল বায়ুর উষ্ণতা,—190°C। তরল বায়ু গায়ে লাগিলে সঙ্গে সঙ্গে

ফোস্কা পড়িয়া যায়, কারণ বাষ্পীভূত হইবার সময় ইহা দেহ হইতে তাপ গ্রহণ করে।

(২) **তরল বায়ুর আংশিক পাতন:** তরল বায়ু তরল অক্সিজেন ও তরল নাইট্রোজেনের মিশ্রণ। এই তরল মিশ্রণ Linde-এর আংশিক **পাতন স্তম্ভ** (fractionating column) দ্বারা আংশিক পাতিত করা হয়। স্তম্ভটি কয়েকটি তাকে (shelf) বিভক্ত। নীচ হইতে উপর দিকে: স্তম্ভের উষ্ণতা ক্রমশঃ কমিয়া যায়। তরল অক্সিজেন অপেক্ষা তরল নাইট্রোজেন বেশী উদ্বায়ী। কারণ তরল নাইট্রোজেনের স্ফুটনাঙ্ক – 196°C, তরল অক্সিজেনের স্ফুটনাঙ্ক – 183°C। এই কারণে তরল বায়ু হইতে প্রথমে নাইট্রোজেন গ্যাস পৃথক হয়। সুতরাং যে-কোন তাক হইতে উপরের তাকের গ্যাসে বেশী নাইট্রোজেন, নীচের তাকের গ্যাসে বেশী অক্সিজেন থাকিয়া যায়। স্তম্ভের সকলের উপরের তাক দিয়া প্রায় বিশুদ্ধ **নাইট্রোজেন গ্যাস** বাহির হইয়া যায় এবং স্তম্ভের সকলের নীচের তাকে কম উদ্বায়ী বিশুদ্ধ **তরল অক্সিজেন** পড়িয়া থাকে। নিম্নগামী তরলে অক্সিজেনের ভাগ বাড়িতে থাকে এবং ঊর্ধ্বগামী গ্যাসে নাইট্রোজেনের ভাগ বাড়িতে থাকে। বিশুদ্ধ তরল অক্সিজেনকে উত্তপ্ত করিলে অক্সিজেন গ্যাস পাওয়া যায়। এই অক্সিজেন গ্যাসে শতকরা ৯৬ ভাগ বিশুদ্ধ অক্সিজেন গ্যাস এবং শতকরা ৪ ভাগ আরগন্



৬২নং চিত্র—বায়ুর সংনমন ও প্রসারণের দ্বারা বায়ুর তরলীকরণ।

থাকে। ভারতে এই প্রণালীতে অক্সিজেন প্রস্তুত করিয়া স্টীল চোঙে প্রচণ্ড চাপে ভর্তি করা হয়।

৭১। **অক্সিজেনের ধর্ম ঃ ভৌত ঃ** অক্সিজেন বর্ণহীন, স্বাদহীন, গন্ধহীন গ্যাস। ইহাই একমাত্র গ্যাস যাহা প্রাণী ও উদ্ভিদের শ্বাসকার্য সম্পাদনে সাহায্য করে।

জলে অক্সিজেন সামান্য পরিমাণে দ্রবীভূত হয়। 100 ভাগ জলে মাত্র 4 ভাগ অক্সিজেন দ্রবীভূত হয়। সেইজন্য অক্সিজেন-পূর্ণ গ্যাস-জার জলে উপুড় করিয়া দিলে জল জারের মধ্যে উঠে না এবং অক্সিজেনকে জলের উপর সংগ্রহ করা হয়। অক্সিজেন সামান্য পরিমাণে সমুদ্র, নদী, পুকুরের জলে দ্রবীভূত থাকে। এই অক্সিজেন গ্রহণ করিয়া জলচর প্রাণী শ্বাস-কার্য চালায়। সোনা, রূপা ও প্লাটিনাম উচ্চ উষ্ণতায় অক্সিজেন শোষণ করে। আবার উক্ত ধাতুগুলিকে শীতল করিলে শোষিত অক্সিজেন বাহির হইয়া আসে। তরল অক্সিজেন চুম্বক দ্বারা আকৃষ্ট হয়।

রাসায়নিক ঃ (ক) অক্সিজেন নিজে অদাহ্য (non-inflammable), কিন্তু ইহা **দহনের সহায়ক** (supporter of combustion)।

পরীক্ষা (E) ঃ (i) একটি মৃদু আভাযুক্ত (glowing) শলাকা অক্সিজেন-পূর্ণ গ্যাস-জারে প্রবেশ করাও। শলাকা পুনঃপ্রজ্বলিত হয়, কিন্তু অক্সিজেন নিজে জ্বলে না।

(ii) একটি জ্বলন্ত মোমবাতির উপর গ্লাস উপুড় করিয়া ঢাকিয়া দাও। কিছুক্ষণের মধ্যে অক্সিজেনের অভাবে বাতি নিভিয়া যায়।

এই দুই পরীক্ষা প্রমাণ করে অক্সিজেন ছাড়া আগুন জ্বালানো সম্ভব নয়।

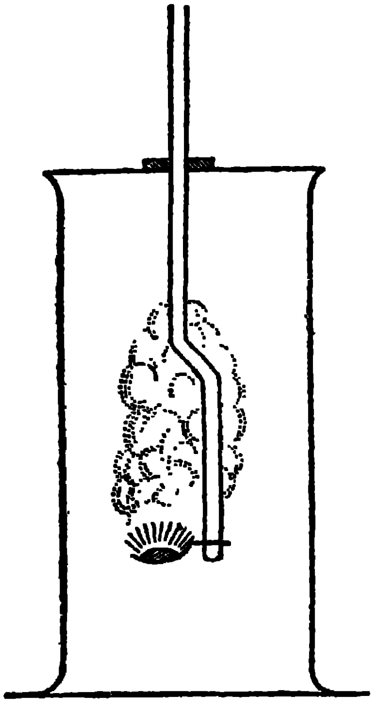
(খ) অক্সিজেন খুব **সক্রিয়** (chemically active) পদার্থ। নিষ্ক্রিয় মৌল হিলিয়াম, আরগন প্রভৃতি ধাতু ব্যতীত সকল মৌলের সঙ্গে ইহা যুক্ত হয়। দামী (noble) ধাতু, যথা সোনা, রূপা ও প্লাটিনাম এবং হ্যালোজেন ব্যতীত সকল মৌল সাক্ষাৎভাবে অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া অক্সাইড (oxide) গঠন করে। কারবন, সাল্‌ফার, ফস্‌ফরাস, সোডিয়াম, পটাসিয়াম, লোহা ও ম্যাগনেসিয়াম আভাযুক্ত (glowing) অবস্থায় অক্সিজেনে ঢুকাইলে প্রজ্বলিত হয়।

পরীক্ষা ঃ (i) একখণ্ড কাঠ-কয়লাকে জ্বলন্ত বুনসেন দীপে লাল আভাযুক্ত করিয়া উজ্জ্বলন (deflagrating) চামচেতে রাখিয়া অক্সিজেন-জারে প্রবেশ করাও। ইহা খুব উজ্জ্বলভাবে জ্বলে।

জারে কয়লার কারবন ও অক্সিজেন যুক্ত হইয়া কারবন ডাই অক্সাইড উৎপন্ন হয়; $C+O_2=CO_2$। জারে জল দিয়া জারের মুখ কাচের ঢাকনি দিয়া ঢাকিয়া নাড়িলে কারবনিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়; $CO_2+H_2O=H_2CO_3$। H_2CO_3-এর জন্য জলে নীল লিটমাস কাগজ ভিজাইলে কাগজের বর্ণ বেগুনী হয়। সুতরাং CO_2 আম্লিক (acidic) অক্সাইড। গ্যাসজারে পরিষ্কার চুনের জল $Ca(OH)_2$ দিলে অদ্রাব্য ক্যাল্‌সিয়াম কারবনেট উৎপাদিত হওয়ায় জল ঘোলাটে হয়।

$$Ca(OH)_2+CO_2=CaCO_3+H_2O.$$

কাঠ-কয়লাকে জ্বালাইয়া অধিক তাপ উৎপন্ন করিতে হইলে ফুৎনল বা হাপরের সাহায্যে জোরে বাতাস চালিত করিতে হয়। ইহাতে অধিক অক্সিজেন জ্বলন্ত কয়লার সংস্পর্শে আসে। স্যাকরার বা কামারের দোকানে এইরূপে কাঠ-কয়লা জ্বালাইয়া তাপ উৎপন্ন করা হয়।



৬৩নং চিত্র—উজ্জ্বলন চামচেতে গন্ধকের দহন।

(ii) একখণ্ড সালফার বুনসেন দীপে জ্বালাইয়া উজ্জ্বলন চামচে রাখিয়া গ্যাস জারে প্রবেশ করাও। জারে সালফার নীলাভ শিখার সহিত জ্বলিয়া উঠে এবং সাদা SO_2 গ্যাস উৎপন্ন হয়। ইহাকে জল দিয়া নাড়িলে সাল্‌ফিউরাস অ্যাসিড (H_2SO_3) উৎপন্ন হয়। ইহা নীল লিট্‌মাস কাগজকে লাল করে। সুতরাং ইহাও আম্লিক অক্সাইড;

$$S+O_2=SO_2\ ;\ SO_2+H_2O=H_2SO_3.$$

(iii) একটি অক্সিজেনের জারে উজ্জ্বলন চামচেতে রাখিয়া ফস্‌ফরাসের টুকরা প্রবেশ করাইলে ফস্‌ফরাস্ দপ করিয়া জ্বলিয়া উঠে। (ফসফরাস বায়ুতে স্বতঃই জ্বলিয়া উঠে। সেইজন্য ইহাকে জলের নীচে রাখিতে হয়। ফস্‌ফরাস্ হাত দিয়া ধরা উচিত নয়। চিমটা দিয়া ধরিবে।) গ্যাস-জার ফস্‌ফরাস্ পেণ্ট অক্সাইডের (P_2O_5) সাদা ধোঁয়ায় ভরিয়া যায়। গ্যাসজারে জল দিয়া নাড়। ধোঁয়া দ্রবীভূত হয় এবং মেটাফস্‌ফরিক অ্যাসিড (HPO_3) উৎপন্ন হয়।

ইহাতে নীল লিটমাস কাগজ দিলে লাল হয়। সুতরাং ইহাও আম্লিক অক্সাইড।

$$4P+5O_2=2P_2O_5\ ;\ P_2O_5+H_2O=2HPO_3.$$

(iv) একটি জারে উজ্জ্বলন চামচেতে রাখিয়া প্রজ্বলিত সোডিয়াম প্রবেশ করাও। সোডিয়াম হরিদ্রাভ শিখাসহ উজ্জ্বলভাবে জ্বলিয়া উঠে এবং সোডিয়াম পারক্সাইড (Na_2O_2) উৎপন্ন হয়। ইহাতে জল দিলে $Na(OH)$ উৎপন্ন হয়। ইহা লাল লিট্‌মাস কাগজকে নীল করে। সুতরাং ইহা ক্ষারকীয় (basic) অক্সাইড।

$$2Na+O_2=Na_2O_2\ ;\ 2Na_2O_2+2H_2O=4Na(OH)+O_2.$$

(ii) লোহার তারে জ্বলন্ত গন্ধক লাগাইয়া তারকে অক্সিজেন-জারের মধ্যে ধরিলে লোহা জ্বলিতে থাকে এবং Fe-এর অক্সাইডের শুভ্রকণা (ফুলঝুরি) চতুর্দিকে বিক্ষিপ্ত হয় ; $3Fe+2O_2=Fe_3O_4$ (ফেরেসো ফেরিকঅক্সাইড)।

এই পরীক্ষায় গ্যাসজারের তলায় বালি রাখিতে হয়।

(iii) যদি একটি জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়ামের তার অক্সিজেনের গ্যাসজারে প্রবেশ করানো যায়, তবে ইহা হইতে আলোকরশ্মি বহির্গত হয় এবং ইহা ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডের ভস্মে পরিণত হয়। ভস্মকে জলে দ্রবীভূত করিলে দ্রব লাল লিট্‌মাসকে নীল করে। সুতরাং ইহা ক্ষারকীয় অক্সাইড।

$$2Mg+O_2=2MgO\ ;\ MgO+H_2O=Mg(OH)_2.$$

(গ) অ্যামোনিয়া-মিশ্রিত (ammoniacal) কিউপ্রাস ক্লোরাইডের দ্রবণ ও কস্টিক পটাশে পাইরোগ্যালেটের (pyrogallate) দ্রবণ অক্সিজেন শোষণ করে। এই দুই দ্রবণের উপর অক্সিজেনপূর্ণ গ্যাস-জার রাখিলে দ্রবণ ধীরে ধীরে জারের মধ্যে উঠিয়া যায়।

যৌগিক পদার্থ ও অক্সিজেন : পেট্রল কারবন ও হাইড্রোজেন দ্বারা গঠিত। কারবন ও হাইড্রোজেন দুইটি মৌলিক পদার্থ অক্সিজেনে সহজ দাহ্য হয়। সেইজন্য পেট্রল সহজেই অক্সিজেনে পুড়িয়া যায়। কারবন ও হাইড্রোজেন পুড়িলে কারবন ডাই-অক্সাইড এবং হাইড্রোজেন অক্সাইড (জল) উৎপন্ন হয়। সুতরাং পেট্রল পুড়িলে কারবন ডাই-অক্সাইড ও জল উৎপন্ন হয়। সেইরূপ কারবন ডাই-সালফাইড সহজদাহ্য কারবন ও সালফার লইয়া গঠিত। সুতরাং কারবন ডাই-সালফাইড অক্সিজেনে সহজদাহ্য এবং ইহাকে অক্সিজেনে পুড়াইলে কারবন ডাই-অক্সাইড ও সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

কারবন, সাল্ফার, ফস্ফরাস্, ম্যাগ্নেসিয়াম সোডিয়াম, ও লোহার দহনের তুলনা।

পদার্থ	অক্সিজেনে দহন	উৎপন্ন অক্সাইড	লিটমাস দ্রবণের উপর উৎপন্ন অক্সাইডের ক্রিয়া
কারবন	ইহা উজ্জ্বলভাবে জ্বলে, সম্পূর্ণভাবে পুড়িয়া যায়, সঙ্গে সঙ্গে স্ফুলিঙ্গ বাহির হয় এবং বর্ণহীন গ্যাস উৎপন্ন হয়।	কারবন ডাই-অক্সাইড। ইহা জলে কারবনিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।	নীল লিট্মাসকে ফিকে লাল করে।
সালফার	ইহা নীল শিখার সহিত উজ্জ্বলভাবে জ্বলে এবং বর্ণহীন তীব্রগন্ধযুক্ত গ্যাস উৎপন্ন হয়।	সালফার ডাই-অক্সাইড। ইহা জলে সালফিউরাস অ্যাসিড উৎপন্ন করে।	নীল লিটমাসকে লাল করে।
ফসফরাস	ইহা অত্যন্ত তীব্রভাবে জ্বলে, সাদা আলোর ঝলক দেয়, ঘন সাদা ধোঁয়া উৎপন্ন হয় এবং ইহা শীতল হইলে ভস্মে পরিণত হয়।	ফস্ফরাস পেণ্টক্সাইড। ইহা জলে মেটাফস্ফরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।	নীল লিট্মাসকে লাল করে।
সোডিয়াম	ইহা সোনালী শিখার সহিত জ্বলে এবং সাদা ভস্ম উৎপন্ন হয়।	সোডিয়াম পার-অক্সাইড। ইহা জলে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করে। ইহা একটি ক্ষার।	লাল লিট্মাসকে নীল করে।
ম্যাগনেসিয়াম	ইহা চোখ-ঝলসানো আলো দেয় এবং সাদা ভস্ম উৎপন্ন হয়।	ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড। ইহা জলে ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করে।	লাল লিট্মাসকে নীল করে।
আয়রন	ইহা তীব্রভাবে জ্বলে এবং স্ফুলিঙ্গ উৎপন্ন হয়।	আয়রন অক্সাইড	লিট্মাসের কোন পরিবর্তন হয় না।

৭২। **অভীক্ষণ (Tests) :** অক্সিজেনের গন্ধ, বর্ণ বা স্বাদ নাই যাহার দ্বারা অক্সিজেনকে সহজে চেনা যায়। ইহাকে নিম্নলিখিতভাবে পরীক্ষা দ্বারা চেনা যায়।

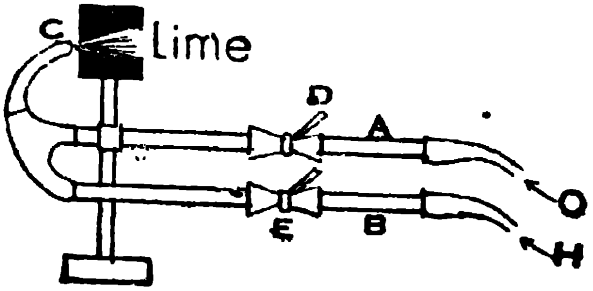
(ক) অক্সিজেন মৃদুআভাযুক্ত কাষ্ঠখণ্ডকে তীব্রভাবে প্রজ্বলিত করে।

(খ) নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাসের সঙ্গে অক্সিজেন নাইট্রোজেন পারক্সাইডের পিঙ্গলবর্ণ (brown) ধোঁয়া উৎপন্ন করে। $2NO+O_2=2NO_2$.

(গ) ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেটের দ্বারা অক্সিজেন শোষিত হয় এবং দ্রবণের বর্ণ পিঙ্গল হয়।

৭৩। **ব্যবহার :** (ক) অক্সিজেন কৃত্রিম শ্বাসের জন্য মুমূর্ষু রোগী, বিমান চালক ও ডুবুরীরা ব্যবহার করে। একটি চোঙে অক্সিজেন অধিক চাপে ভর্তি করা থাকে। চোঙের মুখে একটি চাবি (plug) থাকে। চাবি ঘুরাইয়া অক্সিজেন-প্রবাহ নিয়ন্ত্রিত করা যায়।

(খ) অক্সি-হাইড্রোজেন ও অক্সি-অ্যাসেটিলিন শিখা এবং চুনের আলো (lime-light) উৎপন্ন করিতে অক্সিজেন ব্যবহৃত হয়। হাইড্রোজেন ও অ্যাসেটিলিন দুইই দাহ্য গ্যাস। এই দুইটি গ্যাস ও অক্সিজেনের মিশ্রণে অগ্নিসংযোগ করিলে প্রভূত তাপ ও আলো উৎপন্ন হয়। A ও B নল যথাক্রমে অক্সিজেন ও হাইড্রোজেন বা অ্যাসেটিলিন চোঙের সঙ্গে যুক্ত থাকে। D ও E স্টপকক খুলিয়া দিয়া আগুন ধরাইলে ইহারা C মুখে একসঙ্গে জ্বলিতে থাকে। প্রথমে হাইড্রোজেন বা অ্যাসেটিলিনকে জ্বালাইয়া পরে অক্সিজেনের নল খুলিতে হয়। অক্সি-হাইড্রোজেন শিখাতে চুন (lime) রাখিলে আলো খুব উজ্জ্বল হয়। চুনের আলো শিখা নয়। চুনের আলো বায়স্কোপে, ম্যাজিক ল্যাণ্টার্নে, সন্ধানী-আলোতে (search-light) ব্যবহৃত হয়। অক্সি-হাইড্রোজেন ও অক্সি-অ্যাসেটিলিন শিখার উষ্ণতা যথাক্রমে 2800°C ও 3200°C হয়। ইহা প্লাটিনাম ও কোয়ার্জ (quartz) গলাইতে, ইস্পাত কাটিতে, দুই ধাতুতে বিশেষতঃ দুইটি লোহার পাতে ঝাল দিতে ব্যবহৃত হয়।



৬৪নং চিত্র—অক্সি-হাইড্রোজেন শিখা

(গ) সমুদ্রতলের বায়ু অপেক্ষা উচ্চ পর্বতে বায়ু খুব পাতলা। সুতরাং উচ্চ পর্বতের বায়ুতে অক্সিজেনের পরিমাণ কম থাকে। সেইজন্য এই সকল

স্থানে শ্বাসকার্যের উপযুক্ত অক্সিজেন সরবরাহের জন্য ঘন ঘন শ্বাস লইতে হয় কিন্তু অক্সিজেনের চোঙ হইতে অক্সিজেন লইলে পর্বতারোহীদের শ্বাসকষ্টের লাঘব হয়।

(ঘ) সালফিউরিক অ্যাসিড ও নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতে ইহা ব্যবহৃত হয়।

৭৪। **অক্সাইড (Oxide) :** অক্সিজেন ও অন্য মৌলের দ্বিযৌগকে অক্সাইড বলে। অক্সাইডে একটি মৌল অক্সিজেন হইবেই। অক্সাইড প্রধানতঃ, দুই প্রকারের হয় ; যথা :—

(ক) **আম্লিক অক্সাইড বা নিরুদক** (Acidic oxide বা Anhydride) : ইহারা সাধারণতঃ অধাতুর অক্সাইড। ইহা জলের সঙ্গে অ্যাসিড উৎপাদন করে। ইহা নীল লিট্‌মাসকে লাল করে। আম্লিক অক্সাইড ক্ষারকীয় অক্সাইডের সঙ্গে লবণ উৎপন্ন করে : $SO_3+H_2O=H_2SO_4$.

$$SO_2+H_2O=H_2SO_3\ ;\ CO_2+2KOH=K_2CO_3+H_2O\ ;$$

$$CO_2+CaO=CaCO_3\ ;\ Na_2O+SO_3=Na_2SO_4.$$

(খ) **ক্ষারকীয় অক্সাইড** (Basic oxide) : ইহারা সাধারণতঃ ধাতুর অক্সাইড। ইহারা অ্যাসিডের সঙ্গে লবণ ও জল উৎপন্ন করে। কতকগুলি অক্সাইড জলে দ্রবীভূত হইয়া হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করে। ইহারা লাল লিট্‌মাসকে নীল করে ; $MgO+2HCl=MgCl_2+H_2O$; $Na_2O+H_2O=2Na(OH)$.

এই দুইটি প্রধান অক্সাইড ব্যতীত নিম্নলিখিত অক্সাইড দেখিতে পাওয়া যায়।

(গ) **প্রশম অক্সাইড** (Neutral oxide) : ইহারা ক্ষারীয় বা আম্লিক নয়। ইহাদের দ্রবণ কোন লিট্‌মাসেরই বর্ণ বদলায় না, যথা—CO, NO, H_2O.

(ঘ) **উভপ্রকৃতি অক্সাইড** (Amphoteric Oxide) : ইহারা আম্লিক ও ক্ষারকীয় উভয় প্রকৃতির হয় অর্থাৎ ইহারা অ্যাসিডের ও ক্ষারকীয় অক্সাইডের সহিত লবণ উৎপন্ন করে।

$ZnO+2HCl=ZnCl_2$ (জিঙ্ক ক্লোরাইড) $+H_2O$—ক্ষারকীয় প্রকৃতি।

$ZnO+2NaOH=Zn(ONa)_2$ (সোডিয়াম জিঙ্কেট) $+H_2O$ —আম্লিক প্রকৃতি।

(ঙ) **উচ্চ অক্সাইড** (Peroxide) : ইহাদিগের গঠনে অন্য অক্সাইডের চেয়ে বেশী অক্সিজেন থাকে। ধাতুর পারক্সাইড+শীতল পাতলা অ্যাসিড =হাইড্রোজেন পারক্সাইড (H_2O_2)+লবণ।

$$Na_2O_2 + 2HCl = H_2O_2 + 2NaCl \text{ ;}$$

BaO_2 (বেরিয়াম পার-অক্সাইড) $+ 2HCl = BaCl_2 + H_2O_2$.

(চ) **যৌগ অক্সাইড** (Compound Oxide) : একাধিক অক্সাইডের যৌগকে যৌগ অক্সাইড বলে : $Fe_3O_4 \rightarrow FeO + Fe_2O_3$

(চ) **ধাতব ও অধাতব অক্সাইড :** অক্সিজেন ধাতু ও অধাতু উভয় প্রকার মৌলের সহিত অক্সাইড গঠন করে। (i) ধাতব অক্সাইডগুলি কঠিন ; ইহারা বিভিন্ন বর্ণের হয় ; যথা মারকিউরিক অক্সাইড ও লেড অক্সাইড লাল, কপার অক্সাইড ও ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড কালো, বেরিয়াম পার-অক্সাইড, ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড, ক্যালসিয়াম অক্সাইড ও জিঙ্ক অক্সাইড সাদা। অধাতব অক্সাইড গ্যাস, তরল বা কঠিন হয়, যথা কারবন ডাই-অক্সাইড বর্ণহীন গ্যাস, হাইড্রোজেন অক্সাইড বা জল তরল, ফস্‌ফরিক অক্সাইড সাদা কঠিন। (ii) ধাতব অক্সাইড জলে দ্রবীভূত হইলে ক্ষার উৎপন্ন হয়। ক্ষারের দ্রবণ লাল লিট্‌মাসকে নীল করে। অধাতব অক্সাইড জলে দ্রবীভূত হইলে অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। অ্যাসিডের দ্রবণ নীল লিট্‌মাসকে লাল করে।

(ছ) **ধাতব অক্সাইডের উপর তাপের ক্রিয়া :** (i) তাপপ্রয়োগে কতকগুলি ধাতব অক্সাইড, যথা মারকিউরিক অক্সাইড, সিল্‌ভার অক্সাইড সম্পূর্ণ বিশ্লিষ্ট হইয়া ধাতু ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে ; $2HgO = 2Hg + O_2$.

(ii) তাপপ্রয়োগে কতকগুলি ধাতব অক্সাইড, যথা রেড লেড, ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড আংশিক বিশ্লিষ্ট হইয়া অক্সিজেন ও অন্য অক্সাইড উৎপন্ন করে ; যথা $2Pb_3O_4 = 6PbO + O_2$.

(iii) তাপপ্রয়োগে কতকগুলি অক্সাইড মোটেই বিশ্লিষ্ট হয় না ; যথা আয়রন অক্সাইড, লেড অক্সাইড, ক্যাল্‌সিয়াম অক্সাইড (চুন), জিঙ্ক অক্সাইড। কতকগুলি অক্সাইড তপ্ত অবস্থায় বর্ণ পরিবর্তন করে, আবার শীতল হইলে পূর্ব বর্ণ ফিরিয়া পায়। জিঙ্ক অক্সাইড শীতল অবস্থায় সাদা এবং তপ্ত অবস্থায় হল্‌দে হয়। মারকিউরিক অক্সাইড শীতল অবস্থায় লাল এবং তপ্ত অবস্থায় কালো হয়।

[**শিক্ষণ নির্দেশ :** অক্সিজেনের প্রস্তুতি, ও ধর্মের সহজ পরীক্ষাগুলি ক্লাশে দেখানো উচিত। প্রস্তুতি পরীক্ষার সতর্কতা সম্পর্কে অবহিত হওয়া ভাল। প্রত্যেক রাসায়নিক ক্রিয়ার সমীকরণ মনে রাখিবে।]

প্রশ্নাবলী

1. Explain the principle of preparing oxygen from potassium chlorate. Describe the process. পটাসিয়াম ক্লোরেট হইতে অক্সিজেন প্রস্তুতের নীতি ব্যাখ্যা কর। প্রস্তুত-প্রণালী বর্ণনা কর। (B U. 1932, '41, '46, '55 ; Pat. 1919)

2. Describe the properties of oxygen with experiments. অক্সিজেনের ধর্ম পরীক্ষাসহ বর্ণনা কর।

3. What are oxides ? How would you classify them ? Describe the preparation and properties of one member of each class. How do you classify SO_2, CO_2, MgO, H_2O. অক্সাইড কাহাকে বলে ? ইহাদিগকে কি প্রকারে শ্রেণীভুক্ত করিবে ? প্রত্যেক শ্রেণীর একটি অক্সাইডের প্রস্তুতি ও ধর্ম বর্ণনা কর। SO_2, CO_2, MgO, H_2O কোন শ্রেণীভুক্ত ? (Cam. Jun, Mad, 1925 : P. U. 1926)

4. What explanation has been advanced of the action of manganese dioxide in the preparation of oxygen from potassium chlorate ? How would you experimentally prove that manganese dioxide acts a catalyst ? What is a positive catalyst ? What is catalysis ? পটাসিয়াম ক্লোরেট হইতে অক্সিজেন প্রস্তুতিতে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের ক্রিয়ার কি ব্যাখ্যা দেওয়া হয় ? ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড অনুঘটকরূপে কাজ করে তাহা কি প্রকারে পরীক্ষা দ্বারা দেখাইবে। ধনাত্মক অনুঘটক কাহাকে বলে ? অনুঘটন কাহাকে বলে ?

(Cam. Jun, Pat. 1919 ; C. U. 1932, '41, '46)

5. How would you show that oxygen can be obtained from mercuric oxide ? Sketch the apparatus. Give the equation. মারকিউরিক অক্সাইড হইতে অক্সিজেন কি প্রকারে পাওয়া যায় ? যন্ত্রের ছবি আঁক। সমীকরণ দাও।

6. Describe how oxygen is manufactured from liquid air ? তরল বায়ু হইতে অক্সিজেন কি প্রকারে পাওয়া যায় ? (C. U. 1921, '38)

7. How do you prepare oxygen from Na_2O_2 বা $Pb(NO_3)_2$? Na_2O_2 বা $Pb(NO_3)_2$ হইতে কি প্রকারে অক্সিজেন প্রস্তুত করিবে ?

সপ্তম অধ্যায়

[**Course Content :** Nitrogen : Preparation (from air, and from ammonium compound) properties. Atmospheric nitrogen is mixed with heavier and inert gases.]

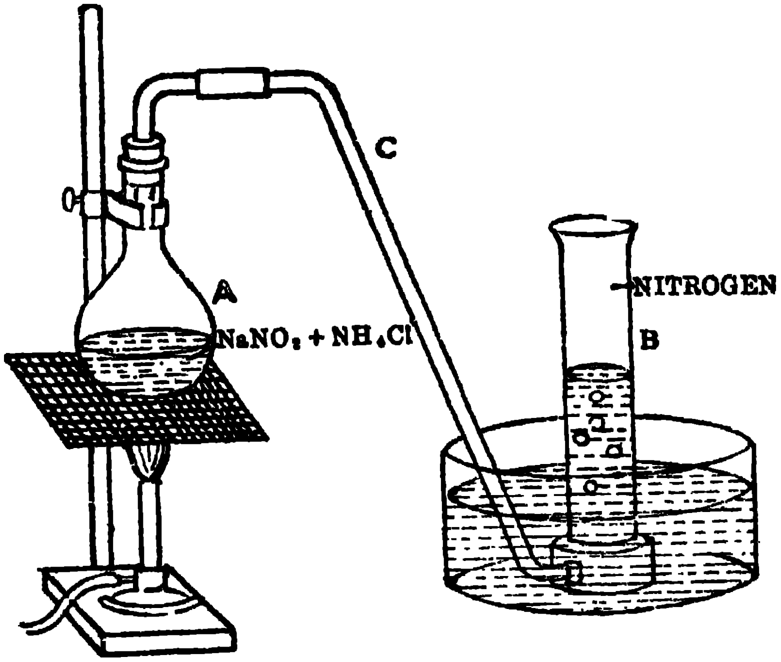
নাইট্রোজেন (Nitrogen)

সংকেত—N, ফরমুলা—N_2, পাঃ ওঃ—14, যোজ্যতা—3 ও 5।

৭৫। **অবস্থান ঃ** নাইট্রোজেন মুক্তভাবে বায়ুতে (78% আয়তন), **যুক্তভাবে** উদ্ভিদ ও প্রাণী-দেহে (প্রোটিনরূপে), অনেক স্থানের মাটিতে শোরা বা পটাসিয়াম নাইট্রেট (KNO_3) রূপে বা চিলিতে সোডিয়াম নাইট্রেট ($NaNO_3$) রূপে এবং অ্যামোনিয়াতে পাওয়া যায়।

শীলে এই গ্যাস আবিষ্কার করেন। ল্যাভয়সিয়ার প্রমাণ করেন যে ইহা একটি মৌলিক পদার্থ। তিনি ইহার নাম দেন 'অ্যাজোট'। চ্যাপটাল ইহার নাইটারে অবস্থানের জন্য ইহার নাম দেন 'নাইট্রোজেন'।

৭৬। **প্রস্তুত-প্রণালী ঃ** (ক) **পরীক্ষাগার প্রণালী** (D) :



৬৫নং চিত্র—নাইট্রোজেন প্রস্তুত-প্রণালী

অ্যামোনিয়াম যৌগ (Ammonium Compound) হইতে বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন ঃ ফ্লাস্ক Aতে তুল্যাঙ্ক (equivalent) পরিমাণে পটাসিয়াম

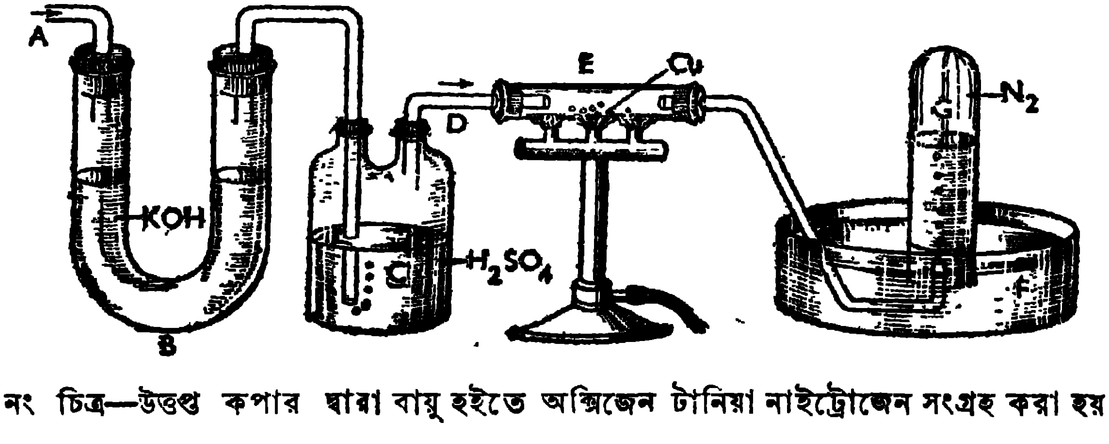
বা সোডিয়াম নাইট্রাইট ও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের গাঢ় দ্রবণ লও। ফ্লাস্কের মুখ ছিপি দিয়া আঁটিয়া দাও। ছিপির ছিদ্রের মধ্য দিয়া নির্গম নল C লাগাও। দেখিবে যে, C নির্গম-নলের শেষপ্রান্ত গ্যাসদ্রোণীর জলের নীচে একটি কাঠের সেলফের (beehive shelf) উপর থাকে। নির্গমনলের মুখে একটি জলপূর্ণ গ্যাস-জার উপুড় করিয়া দাও। দ্রবণ সহ ফ্লাস্ককে তার জালির উপর রাখিয়া দীপ দিয়া খুব সাবধানে মৃদুভাবে গরম কর। প্রথমে অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট NH_4NO_2 গঠিত হয়; পরেই ইহা নাইট্রোজেন ও জলে বিশ্লিষ্ট হয়। নাইট্রোজেন B গ্যাসজারে জমে। নাইট্রোজেন উদ্ভূত হইতে আরম্ভ করিলেই দীপ সরাইয়া লও। গ্যাসের চাপ কমিয়া যাইলে পুনরায় মৃদুভাবে গরম কর।

$$NH_4Cl + NaNO_2 \rightleftharpoons NH_4NO_2 + NaCl\,;$$

$$NH_4NO_2 = N_2 + 2H_2O.$$

অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইটের বিশ্লেষণ অনেক সময় সংযত করা কঠিন হয় এবং বিস্ফোরণ হওয়ার সম্ভাবনা থাকে। সেইজন্য ইহার পরিবর্তে সোডিয়াম নাইট্রাইট ও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড মিশ্রিত করিয়া প্রথমে অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট উৎপন্ন করা হয়।

বিশুদ্ধীকরণ : এইরূপে উৎপন্ন নাইট্রোজেনে অল্প পরিমাণ ক্লোরিন, অ্যামোনিয়া (NH_3), নাইট্রিক অক্সাইড (NO) ও জলীয় বাষ্প মিশ্রিত থাকে।



৬৬-নং চিত্র—উত্তপ্ত কপার দ্বারা বায়ু হইতে অক্সিজেন টানিয়া নাইট্রোজেন সংগ্রহ করা হয়।

নাইট্রোজেন হইতে ক্লোরিনকে মুক্ত করিবার জন্য ইহাকে ক্ষারীয় দ্রবণের (KOH) মধ্য দিয়া, NH_3 ও জলীয় বাষ্প মুক্ত করিবার জন্য ইহাকে গাঢ় H_2SO_4-এর মধ্য দিয়া এবং সর্বশেষ নাট্রিক অক্সাইডকে বিজারিত করিবার জন্য উত্তপ্ত তামার ছিবড়ার (turnings) উপর দিয়া গ্যাসকে অতিক্রম করাইয়া পারদের উপর সংগ্রহ কর।

(খ) বায়ু হইতেঃ বায়ু অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের মিশ্রণ। বদ্ধ পাত্রের বায়ু হইতে ফসফরাস বা উত্তপ্ত কপার দিয়া অক্সিজেন শোষণ করিলে নাইট্রোজেন পাওয়া যায়।

(i) **ফসফরাস দ্বারাঃ** এই প্রণালী ৬৮ (খ) অনুচ্ছেদে বর্ণিত হইয়াছে।
$4P + \text{বায়ু } 5(O_2 + N_2) = 2P_2O_5 + 5N_2$

(ii) **কপার দ্বারাঃ** গ্যাস-ভাণ্ডার হইতে বায়ুকে পর পর U নলে (B) রক্ষিত কস্টিক পটাশ এবং C বোতলে রক্ষিত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্য দিয়া অতিক্রম করাইয়া যথাক্রমে কারবন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্প মুক্ত করিয়া একটি চুল্লীর উপর E শক্ত ও বড় কাচ নলে স্থাপিত উত্তপ্ত কপার ছিবড়ার (Cu) উপর দিয়া টানিয়া লওয়া হয়। বায়ুর অক্সিজেন কপারের সঙ্গে যুক্ত হয় এবং নাইট্রোজেন জলের উপর গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়। (৬৬নং চিত্র)

$$2Cu + \text{বায়ু } (O_2 + N_2) = 2CuO + N_2$$

বায়ু হইতে প্রাপ্ত নাইট্রোজেনে অন্যান্য পদার্থ, যথা হিলিয়াম, আরগন, ক্রিপ্‌টন ও জলীয় বাষ্প থাকে। ইহা বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন নহে।

বিরল গ্যাসের আবিষ্কারঃ ক্যাভেনডিশ একটি নলে বায়ুর সহিত অক্সিজেন মিশাইয়া তড়িৎ স্ফুলিঙ্গের সাহায্যে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের রাসায়নিক সংযোগ ঘটাইয়া নলের উৎপন্ন গ্যাসগুলিকে বিকারক দ্বারা শোষিত করান। তৎসত্ত্বেও তিনি দেখেন যে নলে একটু গ্যাস অবশিষ্ট থাকে। ইহার একশত বৎসর পরে র‍্যালে ও র‍্যামজে বর্ণালী বিশ্লেষণ দ্বারা দেখান যে, উক্ত অবশিষ্ট গ্যাস নাইট্রোজেন নহে। ইহা একটি নূতন গ্যাস। পরে বৈজ্ঞানিক র‍্যামজে অন্যান্য বিরল গ্যাস আবিষ্কার করেন।

৭৭। **নাইট্রোজেনের ধর্মঃ ভৌতঃ** নাইট্রোজেন বর্ণহীন, গন্ধহীন, স্বাদহীন গ্যাস। ইহা জলে প্রায় অদ্রাব্য, বায়ুর চেয়ে সামান্য হাল্‌কা।

রাসায়নিকঃ (i) নাইট্রোজেন খুব নিষ্ক্রিয় (chemically inert) পদার্থ। ইহা সহজে অপর পদার্থের সঙ্গে যুক্ত হয় না। ইহা দাহ্য নয়, দহনের সহায়কও নহে। নাইট্রোজেনপূর্ণ গ্যাস-জারে জ্বলন্ত শলাকা ধরিলে শলাকা নিবিয়া যায়।

(i) তড়িৎ স্ফুলিঙ্গের সাহায্যে (3000°C) বায়ুর নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন

যুক্ত হইয়া প্রথমে NO এবং পরে শীতল করিলে NO ও O_2-এর ক্রিয়ার ফলে NO_2 উৎপন্ন হয়।

$$N_2+O_2=2NO\;;\quad 2NO+O_2=2NO_2.$$

(iii) 550°C উষ্ণতায় ও 200 বায়ুমণ্ডলের চাপে লৌহ, অনুঘটকের উপস্থিতিতে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন যুক্ত হইয়া অ্যামোনিয়া গঠন করে (Haber-এর প্রণালী) ; $N_2+3H_2=2NH_3.$

(iv) B, Si প্রভৃতি অধাতু এবং Ca, Mg, Li প্রভৃতি ধাতু লোহিত-তাপে নাইট্রোজেনের সঙ্গে নাইট্রাইড (Nitride) গঠন করে :

$$2B+N_2=2BN\;;\; 3Ca+N_2=Ca_3N_2\;;$$

$$3Mg+N_2=Mg_3N_2.$$

নাইট্রাইড জলের সহিত অ্যামোনিয়া গঠন করে ;

$$Mg_3N_2+6H_2O=2NH_3+3Mg(OH)_2.$$

(v) নাইট্রোজেন 1000°C উষ্ণতায় ক্যাল্‌সিয়াম কারবাইডের (CaC_2) সঙ্গে ক্যাল্‌সিয়াম সায়নামাইড (cyanamide) গঠন করে। ইহা অতিতাপিত (superheated) স্টীমের সঙ্গে অ্যামোনিয়া গঠন করে।

$$CaC_2+N_2=CaCN_2+C\;;\; CaCN_2+3H_2O=CaCO_3+2NH_3.$$

এই $CaCN_2$ ও C-এর মিশ্রণকে নাইট্রোলিম বলে। ইহা সারে হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

(vi) নাইট্রোজেন চুনের জলকে ঘোলাটে করে না। নাইট্রোজেন ভর্তি গ্যাস জারে স্বচ্ছ চুনের জল দিয়া ঝাঁকাইলে জল ঘোলাটে হয় না।

(vii) কম চাপে শক্তিশালী তড়িতের মোক্ষণে নাইট্রোজেনের রূপভেদ হয়। এইরূপ নাইট্রোজেন খুব সক্রিয় মৌল।

৭৮। **ব্যবহার :** বায়ুর নাইট্রোজেন হইতে অ্যামোনিয়া, নাইট্রিক অ্যাসিড ও ক্যাল্‌সিয়াম সায়নামাইড নামক সার প্রস্তুত হয়। তড়িৎ বাল্‌ব ও গ্যাস থার্মমিটার ভর্তি করিতে নাইট্রোজেন ব্যবহৃত হয়। তরল বায়ু হইতে আংশিক পাতন দ্বারা পণ্য নাইট্রোজেন উৎপন্ন হয়।

৭৮ (ক)। **অভীক্ষণ** (Tests) : এই গ্যাসে জলন্ত কাঠি নিবিয়া যায়। ইহা স্বচ্ছ চুনের জলকে ঘোলাটে করে না। ইহা তপ্ত ম্যাগনেসিয়াম দ্বারা শোষিত হয়।

৭৮ (খ)। নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের তুলনা ঃ

নাইট্রোজেন	অক্সিজেন
বর্ণহীন, গন্ধহীন, গ্যাস।	বর্ণহীন, গন্ধহীন, গ্যাস।
বায়ু অপেক্ষা সামান্য হাল্‌কা।	বায়ু অপেক্ষা সামান্য ভারী।
জলে প্রায় অদ্রাব্য।	জলে নাইট্রোজেন অপেক্ষা অধিক দ্রাব্য।
দাহ্য নয়, দহনের সহায়ক নয়।	দাহ্য নয়, দহনের সহায়ক।

[শিক্ষণ নির্দেশ ঃ অক্সাইডের প্রাচুর্য ও নাইট্রাইডের স্বল্পতা অক্সিজেনের সক্রিয়তা ও নাইট্রোজেনের নিষ্প্রিয়তা যে প্রমাণ করে তাহা বোঝানো ভাল।

NO_2, NH_4 মূলকগুলির ক্রিয়া বুঝাইয়া দেওয়া ভাল।]

প্রশ্নাবলী

1. Describe fully with a diagram an experiment to obtain pure nitrogen from potassium nitrite. What are the properties of this gas? পটাসিয়াম নাইট্রাইট হইতে বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন কিরূপে পাওয়া যায় সবিস্তারে বর্ণনা কর। এই গ্যাসের ধর্মগুলি কি কি? (C. U. 1926)

2. Starting from ammonium chloride. how you would prepare a sample of pure nitrogen? অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড হইতে বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন কিরূপে প্রস্তুত করিবে? (Cal. '23)

3. How would you proceed if you were to prepare a sample of pure nitrogen from air and why? বায়ু হইতে বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন প্রস্তুত করিতে কি প্রকারে অগ্রসর হইবে? কেন? (C. U. '13, '31)

4. How can nitrogen be made to combine with (a) hydrogen, (b) oxygen, (c) a metal? What is the action of water on the products formed in (a), (b) and (c)? Gine equations. নাইট্রোজেনকে হাইড্রোজেন, অক্সিজেন ও ধাতুর সঙ্গে কি প্রকারে সংযুক্ত করিবে? এই সকল উৎপন্ন পদার্থের উপর জলের কি ক্রিয়া? সমীকরণ লিখ। (C. U. '30)

5. Explain why nitrogen is called an inactive element? What are nitrides? নাইট্রোজেনকে নিষ্ক্রিয় মৌল বলে কেন? নাইট্রাইড কাহাকে বলে?

অষ্টম অধ্যায়

অম্ল বা অ্যাসিড (Acid), ক্ষারক (Base, লবণ (Salt)

৭৯। **অ্যাসিড ঃ** দৈনন্দিন জীবনে আমরা অনেক অ্যাসিডের পরিচয় পাই। অ্যাসিড আমাদের অনেক উপকার করে। দই, লেবু, তেঁতুল, সির্কা প্রভৃতি খাদ্যদ্রব্যে অ্যাসিড থাকে বলিয়া ইহারা খাইতে টক্ লাগে। লেবুতে সাইট্রিক অ্যাসিড (citric acid), দইতে ল্যাকটিক অ্যাসিড (lactic acid), তেঁতুলে টার্টারিক অ্যাসিড (tartaric acid), সির্কাতে অ্যাসেটিক অ্যাসিড আছে। পিপীলিকার হুলে ফরমিক্ অ্যাসিড (formic acd), ঘামে বিউটিরিক অ্যাসিড (butyric acid) আছে। পাকস্থলীতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড থাকে। ইহা খাদ্য পরিপাকে সাহায্য করে। নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা স্বর্ণকার সোনা বিশুদ্ধ করে।

(ক) **সংজ্ঞা ঃ** যদি কোন হাইড্রোজেনযুক্ত যৌগ হইতে ধাতুর দ্বারা বা ধাতুর মত ক্রিয়াশীল কোন যৌগমূলক দ্বারা সাক্ষাৎভাবে বা পরোক্ষভাবে হাইড্রোজেন আংশিকভাবে বা সম্পূর্ণভাবে প্রতিস্থাপিত (replaced) হইয়া লবণ উৎপন্ন হয় তবে সেই যৌগকে **অ্যাসিড** বলে। সাল্ফিউরিক অ্যাসিডে (H_2SO_4) দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু আছে। ধাতু (যথা K, Na, Fe) বা যৌগমূলক (যথা NH_2) দ্বারা হাইড্রোজেন আংশিক বা সম্পূর্ণভাবে অপসারিত হইয়া $KHSO_4$, K_2SO_4, $(NH_4)HSO_4$ ও $(NH_4)_2SO_4$ লবণ উৎপন্ন হয়।

(খ) (১) **ধর্ম ঃ** অ্যাসিড স্বাদে টক্। ইহারা প্রায়ই দ্রাব্য হয়; দ্রবণ নীল লিট্মাসকে লাল করে। ইহারা তড়িৎ পরিবহন করে। দ্রবণে হাইড্রোজেন আয়ন (ion) থাকে। অ্যাসিড ধাতুর সঙ্গে লবণ ও হাইড্রোজেন এবং ধাতব অক্সাইড বা হাইড্রক্সাইডের সঙ্গে লবণ ও জল (H_2O) উৎপন্ন করে।

$Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2$; $2HCl + CaO = CaCl_2 + H_2O$.

$HCl + NaOH = NaCl + H_2O$. $H_2SO_4 = H^+ + H^+ + SO4^{--}$

(২) **অ্যাসিডের শ্রেণী বিভাগ ঃ** (i) খনিজ পদার্থ অথবা অজৈব উৎস হইতে উৎপন্ন অ্যাসিডকে **খনিজ** (Mineral) অ্যাসিড বলে, যথা H_2SO_4.

HCl. কারবন এবং উদ্ভিদ বা প্রাণী হইতে উৎপন্ন অ্যাসিডকে **জৈব অ্যাসিড** (Organic) বলে, যথা টারটারিক অ্যাসিড।

(ii) অ্যাসিডের এক অণুতে প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেনের সংখ্যাকে অ্যাসিডের **ক্ষার গ্রাহিতা** (basicilty) বলে। যথা HCl, HNO_3 এক ক্ষারীয় অ্যাসিড ; H_2SO_4, H_2CO_3 দ্বিক্ষারীয় অ্যাসিড ইত্যাদি।

(৩) **অ্যাসিড প্রস্তুতের সাধারণ প্রণালী :** (i) অ্যাসিডধর্মী অধাতব অক্সাইডের সহিত জলের ক্রিয়ার অ্যাসিড পাওয়া যায় : $SO_3+H_2O=H_2SO_4$; $P_2O_5+3H_2O=2H_3PO_4$. (ii) অধিক উদ্বায়ী অ্যাসিডের লবণের সহিত কম উদ্বায়ী অ্যাসিডের ক্রিয়ায় প্রথমোক্ত অ্যাসিড পাওয়া যায় : $NaCl+H_2SO_4=NaHSO_4+HCl$. (iii) মৌলগুলির সাক্ষাৎ সংযোগে অ্যাসিড প্রস্তুত হয় ; $H_2+Cl_2=2HCl$. (ii) বিশেষ প্রণালীর প্রয়োগেও অ্যাসিড উৎপন্ন হয় : $4P+10HNO_3+H_2O=4H_3PO_4+5NO+5NO_3$; $S+2HNO_3=H_2SO_4+2NO$.

৮০। **ক্ষারক :** (ক) **সংজ্ঞা :** যে যৌগ (সাধারণতঃ ধাতুর কিংবা ধাতুর সমান যৌগমূলকের অক্সাইড বা হাইড্রক্সাইড) অ্যাসিডের সহিত ক্রিয়া করিয়া জল ও লবণ উৎপন্ন করে তাহাকে **ক্ষারক** বলে ; $ZnO+2HCl=ZnCl_2+H_2O$; $NaOH+HCl=NaCl+H_2O$; $2NH_4OH+H_2SO_4=(NH_4)_2SO_4+2H_2O$। $NH_3+HCl=NH_4Cl$.

দ্রষ্টব্য : (ক) অ্যামোনিয়া (NH_3) অ্যাসিডের সহিত লবণ উৎপন্ন করে বলিয়া ইহাকে ক্ষারক বলে যদিও ইহা জল উৎপন্ন করে না। (খ) ধাতব অক্সাইডের সঙ্গে জলের ক্রিয়া হইয়া ধাতব **হাইড্রক্সাইড** উৎপন্ন হয়। ইহাতে ধাতুর বা যৌগমূলকের একটি পরমাণুর সহিত হাইড্রক্সিল (OH) যোগ করা থাকে ; $Na_2O+H_2O=2NaOH$. আবার NH_3 ও জলের বিক্রিয়ায় হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন হয় : $NH_3+H_2O=NH_4OH$.

৮১। **ক্ষার** (Alkalis) : (ক) **সংজ্ঞা :** ধাতব হাইড্রক্সাইড জলে দ্রবণীয় হইলে তাহাকে **ক্ষার** বলে। সমস্ত ক্ষারই ক্ষারক কিন্তু সমস্ত ক্ষারক ক্ষার নহে। NaOH, KOH ক্ষার। $Al(OH)_3$ ক্ষারক কিন্তু ক্ষার নহে।

(খ) **ক্ষারের ধর্ম :** (ক) ক্ষার জলে দ্রবণীয়। (খ) এই জলীয় দ্রবণে হাইড্রক্সিল (OH) আয়ন থাকে। (গ) এই দ্রবণ তড়িৎ পরিবহন করে। (ঘ) দ্রবণ সাবানের মত হাতে পিচ্ছিল লাগে। (ঙ) দ্রবণ লাল লিটমাসকে

(litmus) নীল করে। ফিনলথ্যালিনকে (Phenolphthalein) পাটলবর্ণ (pink) করে। (চ) ক্ষারক + অ্যাসিড = লবণ + জল।

(২) **ক্ষার ও ক্ষারক প্রস্তুতের সাধারণ প্রণালী**ঃ (i) ধাতুকে অক্সিজেনে উত্তপ্ত করিয়া ক্ষারক প্রস্তুত হয়ঃ $2Na+O_2=Na_2O_2$. (ii) কতক ধাতব অক্সাইড জলের সহিত ক্রিয়া করিয়া ক্ষার উৎপন্ন করেঃ $CaO+H_2O=Ca(OH)_2$. (iii) কতক ধাতু জলের সহিত ক্রিয়া করিয়া ক্ষার উৎপন্ন করেঃ $2K+2H_2O=2KOH+H_2$. (iv) কতক ধাতব লবণকে উত্তপ্ত করিয়া ক্ষারক প্রস্তুত হয়; $2Cu(NO_3)_2=2CuO+4NO_2+O_2$.

(৩) **ক্ষারের অম্লগ্রাহিতা** (Acidity of a base)ঃ ক্ষারের অ্যাসিড প্রশমন ক্ষমতাকে অম্লগ্রাহিতা বলে। ক্ষারের এক অণুতে প্রতিস্থাপনীয় (OH) মূলকের সংখ্যা দ্বারা ক্ষারের অম্লগ্রাহিতা নির্ণয় হয়। NaOH, KOH—এক অম্লগ্রাহী (monoacid) ক্ষার, $Ca(OH)_2$, $Zn(OH)_2$ দ্বিঅম্লগ্রাহী ক্ষার।

৮২। **লবণ**ঃ (ক) **সংজ্ঞা**ঃ অ্যাসিডের হাইড্রোজেন ধাতু বা ধাতুর সমান কোন ক্ষারীয় মূলক (Basic radical) দ্বারা আংশিক বা সম্পূর্ণরূপে প্রতিস্থাপিত হইয়া যে যৌগ উৎপন্ন হয় তাহাকে **লবণ** বলে। সুতরাং লবণ = ধাতু + অ্যাসিডিক (acidic) মূলক বা অধাতু + ক্ষারীয় মূলক। H_2SO_4 অ্যাসিডের একটি ও দুইটি হাইড্রোজেন যথাক্রমে Na ও NH_4 দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়া $NaHSO_4$ ও Na_2SO_4, $(NH_4)HSO_4$ ও $(NH_4)_2SO_4$ লবণ উৎপন্ন হয়।

৮৩। **লবণের শ্রেণীবিভাগ**ঃ লবণ তিন প্রকার, যথা:—

(ক) **শমিত লবণ** (Normal Salt)ঃ অ্যাসিডের **সমস্ত** হাইড্রোজেন ধাতু বা যৌগ-মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়া যে লবণ উৎপন্ন হয় তাহাকে **শমিত লবণ** বলে। যখন অ্যাসিডের ও ক্ষারের তুল্যাঙ্ক (equivalent) সমান থাকে তখন শমিত লবণ উৎপন্ন হয়; যথা KNO_3, Na_2SO_4.

তীব্র অ্যাসিড ও তীব্র ক্ষারের ক্রিয়ায় এই লবণ প্রস্তুত হয়।

(খ) **অ্যাসিড লবণ** (Acid Salt); বহু-ক্ষারীয় (Polybasic) অ্যাসিডের হাইড্রোজেন **আংশিক** প্রতিস্থাপিত হইয়া যে লবণ উৎপন্ন হয় তাহাকে **অ্যাসিডিক লবণ** বা **বাই-লবণ**, (Bi-Salt) বলে। যখন অ্যাসিডের ভাগ বেশী থাকে এবং ক্ষারের ভাগ কম থাকে তখন ইহা উৎপন্ন হয়;

$KHSO_4$, KH_2PO_4 ; সমস্ত অ্যাসিডিক-লবণ ক্ষারের সহিত ক্রিয়া করিয়া শমিত লবণ উৎপন্ন করে ; যথা, $NaHSO_4 + NaOH = Na_2SO_4 + H_2O$.

পরীক্ষা : একটি বীকারে তীব্র H_2SO_4কে জলের সঙ্গে মিশাও। দ্রবণের অর্ধেকটা বীকারে লও। ইহাকে NaOH দ্রবণ দ্বারা যথাযথ প্রশমিত (neutralise) কর। এই প্রশমিত Na_2SO_4 লবণ অপর অর্ধেক অ্যাসিডের সঙ্গে মিশাও। দ্রবণকে ঘনীভূত কর। $NaHSO_4$ কেলাসিত হইবে।

(গ) **ক্ষার লবণ (Basic Salt) :** যে লবণে প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রক্সিল (OH) বা ক্ষারের ভাগ বেশী থাকে তাহাকে **ক্ষার লবণ** বলে। যখন ক্রিয়ার সময়ে ক্ষারের ভাগ বেশী থাকে এবং অ্যাসিডের ভাগ কম থাকে তখন ইহা উৎপন্ন হয়, যথা $2PbCO_3, Pb(OH)_2$; $CuCO_3, Cu(OH)_2$;

দ্বিঅম্ল-বা ত্রিঅম্লগ্রাহী (di, tri-acid) ক্ষারের (OH) মূলক অ্যাসিড মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইলে ক্ষার লবণ প্রস্তুত হয়।

$$Pb(OH)_2 \rightarrow Pb(OH)\ (NO_3)$$

৮৪। **নামমালা** (Nomenclature) : (ক) **মৌলের নাম :** অনেক মৌলের নাম গুণবাচক বা স্থানবাচক ; যথা ক্লোরিন-এর অর্থ সবুজ রং, ব্রোমিন্-এর অর্থ খারাপ গন্ধ, স্ট্রন্সিয়াম—স্কট্ল্যাণ্ডের এক জায়গার নাম। সাধারণতঃ ধাতুর নাম umএ এবং অধাতুর নাম en, ine, onএ শেষ হয়, যথা Sodium, Hydrogen, Iodine। ব্যতিক্রম—Selenium, Sulphur উভয়েই অধাতু।

(খ) **যৌগের নাম :** (১) **দ্বিযৌগিক (Binary) পদার্থ :** ইহারা দুইটি বিভিন্ন মৌলের মিলনে গঠিত হয়। দ্বিযৌগিকের নাম=ধাতু বা তড়িৎ-ধনাত্মক (electropositive) মৌলের নাম+অধাতুর নাম+**আইড** (ide) ; যথা CaC_2—ক্যাল্সিয়াম (ধাতুর নাম) কারবাইড (অধাতুর নাম+আইড) ; HCl—হাইড্রোজেন ক্লোরাইড। একাধিক দ্বিযৌগিকে একই দুইটি মৌল (যথা C ও O) থাকিলে হয় একটির নামের পূর্বে **সংখ্যা**, না হয় ধাতুর নামের বা বেশী তড়িৎ ঋণাত্মক মৌলের নামের পরে **ইক্** (ic), **আস্** (ous) দিয়া নামকরণ করিতে হয়। যথা ; CO—কারবন **মনো** (mono) অক্সাইড, CO_2—কারবন **ডাই**-অক্সাইড, N_2O—নাইট্রাস অক্সাইড, NO—নাইট্রিক অক্সাইড। যে যৌগে বেশী অধাতুর ভাগ থাকে তাহাতে **ইক্** যোগ করিতে হয় অর্থাৎ **ইক্** বেশী যোজ্যতা, **আস্** কম যোজ্যতা প্রকাশ করে।

(i) **অ্যাসিডের নাম ঃ** হাইড্রোজেন, অক্সিজেন ও অন্য একটি মৌল-যুক্ত অ্যাসিডকে **অক্সি-অ্যাসিড** (Oxy-acid) বলে। অক্সিজেনের কম হইতে বেশী অনুপাত অনুসারে অক্সি-অ্যাসিডের নামে **হাইপো** (hypo, খুব কম), **আস্** (ous কম), **ইক্** (ic বেশী), **পার** (per খুব বেশী) শব্দ ব্যবহার হয়; HClO—হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড, $HClO_2$—ক্লোরাস অ্যাসিড, $HClO_3$—ক্লোরিক অ্যাসিড, $HClO_4$—পার-ক্লোরিক অ্যাসিড। যে সকল অ্যাসিডে হাইড্রোজেন ও অন্য একটি মৌল থাকে তাহাকে **হাইড্রাসিড** (Hydracid) বলে। এই সকল অ্যাসিডের নামে প্রথমে 'হাইড্রো' শেষে 'ইক' শব্দ ব্যবহৃত হয় যথা—হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড HCl, হাইড্রোসিয়ানিক অ্যাসিড HCN. অক্সি-অ্যাসিডের অক্সিজেন সাল্ফার দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইলে অ্যাসিডের নাম **থাও-অ্যাসিড** (Thio acid) হয়:—HCNO—সিয়ানিক অ্যাসিড, HCNS—থাওসিয়ানিক অ্যাসিড।

(ii) **লবণের নাম ঃ** অ্যাসিডের নামানুসারে লবণের নাম হয়। **ইক্** অক্সি-অ্যাসিড হইতে উৎপন্ন লবণের নামের শেষে **এট্** (ate) এবং **আস্** অক্সি-অ্যাসিড হইতে উৎপন্ন লবণের নামের শেষ **আইট** (ite) যোগ করিতে হয়, যথা ক্যাল্সিয়াম সাল্ফেট—$CaSO_4$ (H_2SO_4 হইতে), ক্যালসিয়াম সাল্ফাইট—$CaSO_3$ (H_2SO_3 হইতে)। হাইড্রাসিড হইতে উৎপন্ন লবণের নামে প্রথমে 'হাইড্রো' কথাটি লোপ করিয়া শেষে 'আইড' (ide) কথা যোগ করিতে হয়, যথা সোডিয়াম ক্লোরাইড (NaCl)

৮৫। কতকগুলি যৌগের ফরমুলা ঃ

নিয়ম ঃ যৌগের ধাতব (ধনাত্মক) অংশের মোট যোজ্যতা ও অধাতব (ঋণাত্মক) অংশের মোট যোজ্যতা সমান হইবে যাহাতে যৌগের যোজ্যতা = 0 হয়। অর্থাৎ প্রত্যেক অংশের পরমাণুর বা যৌগমূলকের সংখ্যা ও যোজ্যতার গুণফল সমান হইবে। Al_2O_3তে Al-এর যোজ্যতা = 3, Al-এর পরমাণুর সংখ্যা = 2, O-এর যোজ্যতা = 2, O-এর পরমাণুর সংখ্যা = 3, ∴ ধাতব অংশে (Al এ) যোজ্যতা × পরমাণুর সংখ্যা = 3 × 2 অধাতব অংশে (Oএ) ইহাদের গুণফল = 2 × 3। নিম্নে এই নিয়মের অন্য উদাহরণ দেওয়া গেল।

(ক) **হাইড্রক্সাইড ঃ** $M(OH)x$; এখানে M = ধাতু বা NH_4, x = ধাতুর যোজ্যতা। Fe ত্রিযোজী, NH_4 একযোজী; যথা $Fe(OH)_3$, $NH_4(OH)$.

(খ) **ক্লোরাইড** (HCl-এর লবণ) : $MClx$; M=ধাতু বা NH_4, x=ধাতু বা NH_4এর যোজ্যতা, যথা $AgCl$, $CaCl_2$ (Ca দ্বিযোজী), $FeCl_3$, $(NH_4)Cl$.

(গ) **নাইট্রেট** (HNO_3-এর লবণ) : $M(NO_3)x$; M=ধাতু বা NH_4; x=ধাতুর বা NH_4 এর যোজ্যতা, যথা, $NaNO_3$, (Na-এরযোজ্যতা=1) $Ca(NO_3)_2$ (Caএর যে যোজ্যতা=2), $NH_4(NO_3)$.

(ঘ) **বাইকারবনেট** (H_2CO_3-এর বাই-লবণ) : $M(HCO_3)x$; M=ধাতু বা NH_4 ; x=ধাতুর বা NH_4-এর যোজ্যতা। যথা, $Na(HCO_3)$, $Ca(HCO_3)_2$.

(ঙ) **বাইসাল্‌ফেট** (H_2SO_4-এর বাই-লবণ) : $M(HSO_4)x$; যথা $NaHSO_4$. $(NH_4)HSO_4$.

উপরোক্ত পাঁচ প্রকার উদাহরণে (OH), Cl, NO_3 HCO_3, HSO_4 একযোজীমূলক।

(চ) **কারবনেট** (H_2CO_3-এর শমিত লবণ) : CO_3 দ্বিযোজীমূলক ; সুতরাং একযোজী ধাতুর লবণ=$M_2(CO_3)$, যথা, $Na_2(CO_3)$। দ্বিযোজী ধাতুর লবণ=$M(CO_3)$ যথা $Ca(CO_3)$।

(ছ) **সাল্‌ফেট** (H_2SO_4-এর শমিত লবণ) : (SO_4) দ্বিযোজীমূলক ; সুতরাং একযোজী ধাতুর লবণ=M_2SO_4 ; M=একযোজীমূলক ধাতু বা NH_4 ; যথা Na_2SO_4, $(NH_4)_2SO_4$। দ্বিযোজী ধাতুর লবণ=MSO_4 ; এখানে M=দ্বিযোজী ধাতু, যথা $CaSO_4$।

(জ) **অক্সাইড** (O_2-এর যৌগ) : M_2Ox—এখানে M=মৌল, x=ইহার বিজোড় যোজ্যতা (1,3) ; যথা Na_2O, Al_2O_3 ; MOx—এখানে M=মৌল, x=ইহার জোড় যোজ্যতা (2,4), যথা CaO ; SO_2.

৮৬। **প্রয়োজনীয় ক্রিয়া** : (ক) ধাতু+অ্যাসিড=লবণ+হাইড্রোজেন ; $Zn+2HCl=ZnCl_2+H_2$. (খ) ক্ষার+অ্যাসিড=লবণ+জল ; $NaOH+HCl=NaCl+H_2O$. (গ) নিরুদক+জল=অ্যাসিড ; $SO_3+H_2O=H_2SO_4$; (ঘ) ধাতব অক্সাইড+জল=হাইড্রক্সাইড ; $CaO+H_2O=Ca(OH)_2$।

প্রশ্নাবলী

1. Define acids, bases and salts. What are their characteristic properties? Give examples. অ্যাসিড, ক্ষার ও লবণ কাহাকে বলে? ইহাদের বৈশিষ্ট্যমূলক ধর্মগুলি বল। উদাহরণ দাও।
(Camb. J. 1919; Punj. U. 1937; 1920; C. U. 1912, '32, '37.)

2. Define basic oxide, acidic oxide, acid and salt and give examples of each. ক্ষারকীয় অক্সাইড, আম্লিক অক্সাইড, ক্ষার, অ্যাসিড ও লবণের সংজ্ঞা বল। প্রত্যেকের উদাহরণ দাও। (Camb. S. C 1924; M. C. 1946; '32)

3. Define salt. How will you classify salts? Classify the following :—
Sodium bi-carbonate, Copper chloride and Sodium nitrate. Has the reaction of a salt anything to do with the classification? লবণের সংজ্ঞা বল। লবণকে কি প্রকারে শ্রেণীভুক্ত করিবে? নিম্নলিখিত লবণগুলি শ্রেণীভুক্ত কর :—সোডিয়াম বাইকারবনেট, কপার ক্লোরাইড, সোডিয়াম নাইট্রেট; লবণের ক্রিয়ার সঙ্গে শ্রেণীবিভাগের কোন সম্পর্ক আছে কি? (C. U. 1928, '34)

4. What do you understand by the basicity of an acid? State the basicity of HNO_3 and H_2SO_4, giving reasons for your statements. অ্যাসিডের ক্ষারকত্ব বলিলে কি বুঝ? HNO_3 ও H_2SO_4-এর ক্ষারকত্ব কত কারণসহ বল।
(Pat. 1933)

5. If M is a monad element and D a diad one, give formulae of their chlorides, sulphates and carbonates. যদি M একযোজী মৌল হয় এবং D দ্বিযোজী মৌল হয় তবে উহাদের ক্লোরাইড, সালফেট ও কারবনেটের সংকেত দেখাও।
(All, 1914)

6. What are acids? What is their action on (a) metals, (b) bases and (c) salts? Are all bases alkalis? Give three methods by which you could say whether a solid is only a base or an alkali. অ্যাসিড কাহাকে বলে? ধাতু, ক্ষার ও লবণের উপর ইহার ক্রিয়া কি? সব ক্ষারক কি ক্ষার? তিনটি প্রণালী বর্ণনা কর যাহাতে বোঝা যায় যে একটি কঠিন দ্রব্য ক্ষার বা ক্ষারক। (Camb. S. C. 1921)

7. Explain (a) acid, (b) base, (c) acid salt, (d) basic salt. অ্যাসিড, ক্ষারক, অ্যাসিডিক লবণ, ক্ষারীয় লবণ ব্যাখ্যা কর। (C. U. 1942.)

8. State, with your reasons, which of the following substances you regard as an acid: ammonia, hydrogen chloride, carbon dioxide, hydrogen sulphide. নিম্নলিখিত দ্রব্যগুলির মধ্যে কোনটি অ্যাসিড বলিয়া গণ্য কর যুক্তিসহ বল—অ্যামোনিয়া, হাইড্রোজেন ক্লোরাইড, কারবন ডাই-অক্সাইড, হাইড্রোজেন সালফাইড।
(C. Jun. 1924; C. U. 1924)

নবম অধ্যায়

[**Course Content :** Study of water.

(i) Water as a solvent.

(a) Solution. Separation of a solution into solute and solvent (by evaporation, distillation, crystallisation etc.)

Simple examples of fractional distillation will be included.

Atmospheric gases dissolved in water, their biological significance.

The emphasis is on the solubility of gases in water.

Solvents for fats, paints and lacquers.

No knowledge of the chemistry of the solutes or of the solvents is expected. The emphasis is on examples of solvents other than water.

(b) Saturated, unsaturated and supersaturated solutions.

D—Preparation of a supersaturated solution of sodium thiosulphate at the room temperature.

Concentration of solution ; solubility ; solubility curves.

D—(i) Solubility at room temperature.

(ii) Chart of apparatus for determination of solubility at temperatures higher and lower than room temperature.

(c) Qualitative study of effects of temperature and pressure on solubility of gases in liquids ; and of the effect of solutes on freezing and boiling points of solvents.

(d) Collioidal solution and true solution.

Simple ideas of size of particles. Some everyday examples of colloids.

(e) Water of crystallisation (Efflorescence and deliquescence.)

D—Estimation of water of crystallisation (e. g. of Alum).

(f) Natural waters, purification of water.

Mention to be made of hard and soft waters which will be studied later.

(i) Action of water on oxides of non-metals and metals.

(ii) Water as a compound.

(a) Action of metals on water.

D—Action of sodium (evolved gas to be collected and burnt). Chart of action of steam on red-hot iron.

(b) Electrolysis of water. Composition by volume

(c) Composition of water by weight.

(ii) Chart of Dumas' Experiment.

D—Action of hydrogen on heated copper oxide.]

জল (Water)

ফরমুলা $= H_2O$, পাঃ ওঃ $= 18$, বাষ্পীয় ঘনাঙ্ক $= 9$, আঃ গুঃ $= 1$.

৮৭। **ইতিহাসঃ** বহুকাল পর্যন্ত জল মৌলরূপে পরিগণিত হইত। 1781 খ্রীষ্টাব্দে ক্যাভেনডিশ ও 1783 খ্রীষ্টাব্দে ল্যাভয়সিয়ার দেখান যে, জল হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের একটি যৌগ।

৮৮। **অবস্থানঃ** জল কঠিন বরফরূপে মেরু দেশে ও উচ্চ পর্বত শিখরে, তরল জলরূপে সমুদ্র, নদী ও পুকুরে এবং বাষ্পরূপে বায়ুতে পৃথিবীময় ছড়াইয়া আছে। ভূপৃষ্ঠের তিন-চতুর্থাংশ জল। আবার সমুদ্র-জলের গভীরতাও কম নয়। জল প্রাণী ও উদ্ভিদ-দেহে এবং খনিজ পদার্থে আছে।

৮৯। **জল ও জীবঃ** জীবের প্রাণধারণের জন্য বায়ু ও জল দুইটি অপরিহার্য পদার্থ। সেইজন্য প্রকৃতিতে বায়ু ও জলের ভাণ্ডার অফুরন্ত। বায়ুর কথা পূর্বেই বলা হইয়াছে। প্রাণীর মেদ, মজ্জা, রক্ত এমনকি হাড়েও জল আছে। একজন দেড়মনী ওজনের মানুষের দেহে প্রায় আধমণ জল থাকে। রক্তের বেশীর ভাগ জল। সেইজন্য রক্ত তরল অবস্থায় থাকে বলিয়া রক্ত দেহের সর্বত্র প্রবাহিত হয়। দেহের দূষিত পদার্থ জলের সহিত ঘর্মাকারে বহির্গত হয়। দেহে জলের অভাব হইলে তৃষ্ণা বোধ হয়। উদ্ভিদ মাটি হইতে মূল দ্বারা জলে দ্রবীভূত অবস্থায় ইহার নয়টি খাদ্যোপকরণ সংগ্রহ করে। সুতরাং জল ব্যতীত উদ্ভিদ বাঁচিতেই পারে না।

৯০। **স্বাভাবিক জলের (Natural Water) বিভাগঃ** নানা উপায়ে স্বাভাবিক জলের শ্রেণীবিভাগ করা যায় :—

(ক) উৎপত্তিস্থান অনুসারে শ্রেণীবিভাগ :

বৃষ্টির জলঃ সমুদ্র, নদ-নদী হইতে সূর্যতাপে জল বাষ্পীভূত হয় এবং জলীয় বাষ্প বায়ুতে মিশিয়া যায়। আবার বায়ুমণ্ডল শীতল হইলে জলীয় বাষ্প বৃষ্টিরূপে পৃথিবীর বুকে ফিরিয়া আসে। অতি শীতল দেশে বাষ্প জমে তুষাররূপে বা বরফরূপে পতিত হয়। বৃষ্টি স্বাভাবিকভাবে পাতিত (naturally distilled) জল। কিন্তু ইহাও সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ নয়। বৃষ্টির জল বায়ু হইতে কারবন ডাই-অক্সাইড, নাইট্রোজেন, অক্সিজেন, সামান্য অ্যামোনিয়া ও নাইট্রিক অ্যাসিড (বায়ুর উচ্চস্তরে তড়িৎ-মোক্ষণে উৎপন্ন) গ্যাস দ্রবীভূত করে। ভাসমান ধুলিকণাতে যে সকল লবণ ও জৈব পদার্থ লাগিয়া থাকে

তাহা বৃষ্টির জলে দ্রবীভূত হয়। কয়লাতে FeS_2 থাকে। কয়লা পোড়াইলে FeS_2 হইতে H_2SO_3, H_2SO_4 উৎপন্ন হয়। শিল্প-শহরে বহু পরিমাণে কয়লা পোড়ানোর জন্য নিকটবর্তী স্থানের বৃষ্টির জলে সালফিউরিক অ্যাসিড, সালফার ডাই-অক্সাইড বর্তমান থাকে। বৃষ্টির জলে এই সকল অশুদ্ধির পরিমাণ কম বলিয়া বৃষ্টিকে বিশুদ্ধতম স্বাভাবিক জল মনে করা হয়। তুষার-গলা বা বরফ-গলা জলেও কম অশুদ্ধি থাকে। কয়েক পশলা বৃষ্টির পর যে-জল পড়ে তাহাতে অশুদ্ধি কম থাকে।

(ii) **ঝরনা ও কূপজল**ঃ বৃষ্টির জলের কতকাংশ ভূ-পৃষ্ঠের সচ্ছিদ্র স্তরের মধ্য দিয়া স্বাভাবিকভাবে পরিস্রুত হইয়া কোনও কারণে অন্য স্তর দিয়া বাহির হইয়া ঝরনা সৃষ্টি করে। কৃত্রিম উপায়ে প্রস্তুত পাতকূয়ার বা নলকূপের জল ঝরনার জল। সেইজন্য ঝরনা ও কূপজলে কোন প্রলম্বিত (suspended) ময়লা থাকে না, তবে ইহা ভূস্তর অতিক্রম করিবার সময়ে Ca, Mg, Na, K, Fe প্রভৃতি ধাতুর খনিজ লবণ ও কারবন ডাই-অক্সাইড গ্যাস দ্রবীভূত করে।

(iii) **নদীর জল**ঃ পর্বতের বরফ-গলা জল এবং বৃষ্টির জলের কতকাংশ ভূপৃষ্ঠের উপর দিয়া নদীতে পড়ে। ঝরনার জলও নদীতে মিশে। জলের দ্রাবক শক্তি খুব বেশী। ভূ-পৃষ্ঠ ধৌত করিবার সময় এই সকল জলে অনেক পদার্থ দ্রবীভূত হয়। আবার পার্শ্ববর্তী ভূভাগ হইতে অদ্রাব্য পদার্থ ও ময়লা নদীর জলে মিশিয়া যায়। সেইজন্য নদীর জলে প্রলম্বিত ও দ্রবীভূত জৈব ও অজৈব পদার্থ থাকে। ইহাতে নানাপ্রকার রোগ-বীজাণু মিশিয়া থাকে। সাধারণতঃ নদীর জলে Na, Ca, Mg ও K-এর ক্লোরাইড, সাল্‌ফেট, কারবনেট ও বাই-কারবনেট লবণ দ্রবীভূত থাকে। বর্ষাকালে অত্যধিক প্রলম্বিত দ্রব্যের জন্য নদীর জল অত্যন্ত ঘোলাটে হয়।

(iv) **সমুদ্র-জলে** 3·6% দ্রবীভূত কঠিন পদার্থ ও সামান্য প্রলম্বিত পদার্থ থাকে। কারণ ভূ-পৃষ্ঠের ধোয়ানি জল সর্বশেষে সমুদ্রে পতিত হয়। ইহার মধ্যে 2·6% সাধারণ লবণ। সেইজন্য ইহার স্বাদ লবণাক্ত ও ইহা অপেয়। এক মাইল লম্বা, এক মাইল চওড়া ও এক মাইল গভীর আয়তন-বিশিষ্ট জলে 12 কোটি 80 লক্ষ টন খাদ্য লবণ থাকে।

৯১। জলে দ্রবীভূত পদার্থ ও ইহার রোগ-নিরাময়ক গুণ: (Dissolved substances in water and their biological significance): (i) **খনিজ (mineral) জল:** বৃষ্টির জলের কিয়দংশ ভূ-গর্ভে প্রবেশ করে এবং ভূমির ঢাল অনুসারে জল ভূ-পৃষ্ঠের ছিদ্রপথে প্রস্রবণ বা ঝরনারূপে বহির্গত হয়। এই জলে ভূ-গর্ভের বহুবিধ লবণ-জাতীয় পদার্থ দ্রবীভূত হয় কিন্তু ইহা বালি, কাঁকর, মাটি প্রভৃতির মধ্য দিয়া পরিস্রুত হয় বলিয়া ইহা খুব স্বচ্ছ হয় এবং ইহাতে অদ্রাব্য ময়লা থাকে না। সাধারণ কূপ বা নলকূপের জল অনেকটা ঝরনার জলের মত।

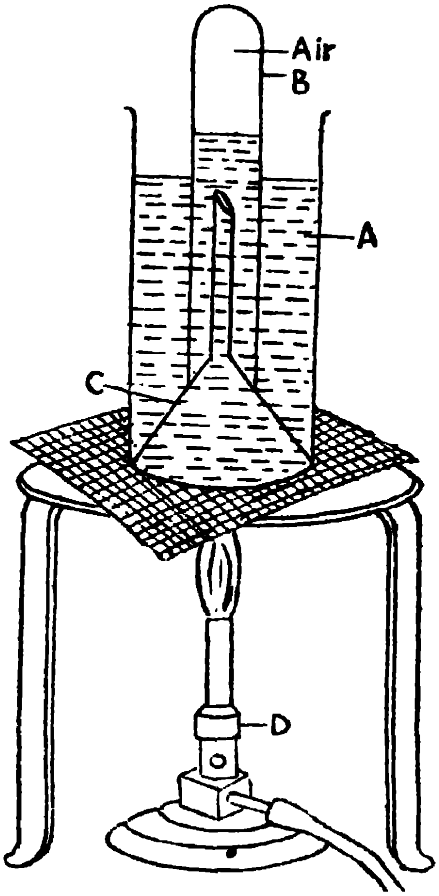
ঝরনার জলে কতকগুলি বিশিষ্ট পদার্থের জন্য বিভিন্ন স্বাদ ও বিভিন্ন রোগ-নিরাময়ক গুণের উৎপত্তি হয়। এইরূপ জলকে **খনিজ** জল বলে; যথা—(ক) **লবণাক্ত জল**—NaCl; (খ) **ক্ষারীয় জল**—$LiHCO_3$, $NaHCO_3$-যুক্ত জল বাত-নিরাময়ক, (গ) **আম্লিকজল**—গ্যাসীয় CO_2-যুক্ত জল; যথা, Seltzer জল; ইহাতে স্নান করিলে শরীরের অবসাদ দূর হয়। (ঘ) **কটু (bitter) জল:** $MgSO_4$ ও Na_2SO_4-যুক্ত জল জোলাপ-রূপে ব্যবহৃত হয়; (ঙ) H_2S ও Na_2S-যুক্ত জল যকৃতের রোগ নিরাময়ক; এইরূপ জলকে Hepatic জল বলে। ইংলণ্ডের Bath ও Harrogate নামক স্থানে এইরূপ ঝরনা আছে। (চ) $Fe(HCO_3)_2$-যুক্ত জল; (ছ) **উষ্ণ গ্যাসযুক্ত জল**; (জ) KI ও NaI-যুক্ত জল।

ভুবনেশ্বর, রাজগীর ও সীতাকুণ্ডের প্রস্রবণের জল পান করিলে অনেক রোগ নিরাময় হয়। এই সকল স্থানে স্বাস্থ্য নিবাস গড়িয়া উঠিয়াছে।

(ii) **স্বাদু (fresh)** জলে খুব কম লবণ দ্রবীভূত থাকে।

৯২। স্বাভাবিক জলের অশুদ্ধি (impurities) নির্ণয় (detection): স্বাভাবিক জলে দুই প্রকার অশুদ্ধি থাকে:—(ক) দ্রবীভূত ও (২) প্রলম্বিত। (ক) **অদ্রাব্য ও প্রলম্বিত অশুদ্ধি** জলে মিশ্রিত থাকিলে জলকে ঘোলা দেখাইবে। স্বচ্ছ ও পরিষ্কার জলে এইরূপ অশুদ্ধি থাকে না। (খ) **দ্রাব্য উদ্বায়ী অশুদ্ধি:** এক বীকারপূর্ণ (A) কলের জলের বা কূপের জলের মধ্যে একটি ফানেল C উপুড় করিয়া ডুবাও যাহাতে ফানেলটি সম্পূর্ণ জলের ভিতর থাকে। একটি জলপূর্ণ পরীক্ষা-নল B মুখ বন্ধ করিয়া বীকারের জলে উল্টাইয়া ফানেলের নলের উপর রাখ। লক্ষ্য রাখিবে পাত্রগুলির কোথাও জলের বুদ্বুদ আটকাইয়া

না থাকে। লোহার তার-জালির উপর বীকারকে রাখিয়া বুনসেন দীপ দ্বারা গরম কর। যদি জলে গ্যাস দ্রবীভূত থাকে তবে ইহা পরীক্ষা-নলে জল সরাইয়া জমা হইবে।



৬৭নং চিত্র—
জলে দ্রবীভূত বায়ু

(গ) **দ্রাব্য অনুদ্বায়ী অশুদ্ধি**ঃ পোর্সিলেন খর্পরে কিছু কলের পরিষ্কার জল বা পুকুরের ঘোলা জল লইয়া তাপ-প্রয়োগে জলকে বাষ্পীভূত করিয়া শুষ্ক কর। খর্পরে দ্রাব্য অনুদ্বায়ী অশুদ্ধি পড়িয়া থাকে।

৯৩। **অশুদ্ধি অপসারণ**ঃ (ক) অদ্রাব্য ও প্রলম্বিত অশুদ্ধি (যথা কাদা, বালি, উদ্ভিজ্জ পদার্থ) থিতাইয়া আস্রাবণ করিয়া বা পরিস্রাবণ করিয়া পৃথক করা হয়। (খ) দ্রাব্য অনুদ্বায়ী অশুদ্ধি (Na, K, Ca, Mg, Fe প্রভৃতির লবণ) (ক) পদ্ধতিতে প্রাপ্ত পরিস্রুতকে তামার পাত্রে তামার শীতকের সাহায্যে পাতনের দ্বারা এই অশুদ্ধি পৃথক করা হয়। (গ) দ্রাব্য উদ্বায়ী অশুদ্ধি (যথা বায়ু, CO_2, NH_3, H_2S) উপরোক্ত পাতিত জলকে ফুটন্ত অবস্থায় আনিয়া ইহার মধ্য দিয়া ক্লোরিন গ্যাস অতিক্রম করাইলে NH_3 বিয়োজিত হয় এবং N_2 গ্যাসের আকারে দূরীভূত হয়। জলকে ফুটাইলে অতিরিক্ত ক্লোরিন দূরীভূত হয়; অবশিষ্ট জলকে বিশুদ্ধ $KMnO_4$ ও $NaOH$ দিয়া ফুটানো হয়। তৎপরে টিনের বা রূপার শীতক ব্যবহার করিয়া এই জলকে পুনঃপাতন করিয়া প্রথম ও শেষ অংশ ফেলিয়া দিয়া কেবল মধ্য অংশে **রাসায়নিক ভাবে বিশুদ্ধ জল** পাওয়া যায়।

৯৪। **জলের ব্যবহার**ঃ জলের উপকারের কথা বলিয়া শেষ করা যায় না। প্রকৃতপক্ষে জল প্রাণী ও উদ্ভিদের প্রাণস্বরূপ। জল যে শুধু প্রাণীর পানীয়রূপে ব্যবহৃত হয় তাহা নহে। ইহা বয়লারে ফুটাইয়া স্টীম প্রস্তুত করিবার জন্য ব্যবহৃত হয়। জল কৃষিকার্যে প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। জল

ধৌত করিবার জন্য, ফটোগ্রাফিতে, ঔষধ প্রস্তুতে, রাসায়নিক বিশ্লেষণে ও দ্রাবক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। পাতিত জল দ্বারা ইন্‌জেকসনের ঔষধ প্রস্তুত হয়। কলকারখানায় বহুল পরিমাণে জল ব্যবহৃত হয়। জলের সাহায্যে বিভিন্ন বৈজ্ঞানিক রাশির একক স্থির করা হয়; যথা (ক) পারদ থার্মমিটারে জলের হিমাঙ্ককে ও জলের স্ফুটনাঙ্ককে দুই স্থির বিন্দু ধরা হয়। (খ) এক গ্রাম জলের উষ্ণতা এক ডিগ্রি বাড়াইতে যে তাপ প্রয়োজন হয় তাহাই তাপের একক (ক্যালরি)। (গ) 4°C উষ্ণতায় এক ঘন সেন্টিমিটার জলের যে ওজন তাহাই ওজনের একক (গ্রাম)। (ঘ) 1000 গ্রাম ওজনের জল যে আয়তন দখল করে তাহাকে লিটার বলে।

৯৫। পানীয় (Potable or drinkable) **জল ঃ (ক) পানীয় জলের অশুদ্ধি**—পানীয় জল রোগ জীবাণুমুক্ত, পরিষ্কার, স্বচ্ছ, প্রলম্বিত-অশুদ্ধিশূন্য, তামা ও সীসাশূন্য, অধিক লবণ শূন্য, ময়লাশূন্য হওয়া দরকার। ইহাকে আবার সুস্বাদু করিবার জন্য ইহাতে কিছু লবণ, অক্সিজেন ও কারবন ডাই-অক্সাইড থাকা প্রয়োজন। সেইজন্য পাতিত জল বা বৃষ্টির জল স্বাদহীন (flat, insipid), ঝরনার জল পানের পক্ষে উপযুক্ত। অধিকাংশ ক্ষেত্রে স্বাভাবিক জল পানীয় হিসাবে ব্যবহারের অনুপযুক্ত।

(খ) পানীয় জলের বিশুদ্ধীকরণ ঃ স্বাভাবিক জলকে থিতাইয়া, পরিস্রাবণ* করিয়া ও জীবাণুশূন্য (sterilise) করিয়া পানের উপযুক্ত করা হয়।

(১) **অল্প পরিমাণে স্বাভাবিক** জলকে (নদীর, পুকুরের জলকে) ফুটাইয়া জীবাণুশূন্য করিয়া পরে ফটকিরি দিয়া প্রলম্বিত অশুদ্ধিকে তঞ্চন (coagulate) করিয়া জলকে গুঁড়া কাঠকয়লা ও বালির মধ্য দিয়া পরিস্রাবণ করিয়া পানীয় জল পাওয়া যায়।

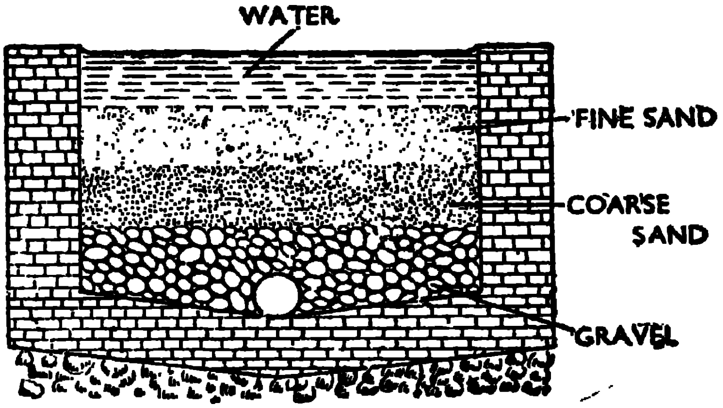
গ্রামে গৃহস্থ-বাড়িতে চার কলসীযুক্ত ফিল্‌টার ব্যবহৃত হয়। উপরে তিনটি কলসীতে পরপর ফট্‌কিরি, কাঠ-কয়লা ও বালি থাকে। ইহাদের মধ্য দিয়া জল পরিস্রুত হইয়া নীচের কলসীতে জমা হয়। উপরের তিনটি কলসীর নীচে একটি করিয়া ছিদ্র থাকে। পাস্তুর ফিল্‌টারে (Pasteur filter) অমসৃণ

---

* আস্রাবণ, পরিস্রাবণ, পাতন ও আংশিক পাতন প্রভৃতির বিস্তৃত বিবরণ পূর্বে দেওয়া হইয়াছে।

সচ্ছিদ্র (unglazed and porous) পোর্সেলেন নলের ভিতর দিয়া জল পরিস্রুত হয়।

(২) **শহরের জলঃ** শহরে প্রচুর পরিমাণে পানীয় জল আবশ্যক হয়। শহরে পুকুর, নদী বা খাল হইতে প্রচুর জল পাম্প করিয়া লোহার নল দিয়া কতকগুলি পাশাপাশি ইষ্টক-নির্মিত উন্মুক্ত আয়তক্ষেত্রিক খাদে তোলা হয়। এই খাদে লোহার তারজালির খাঁচায় বড় বড় ফটকিরির টুকরা জলে ডুবাইয়া রাখা হয়। এই খাদগুলিকে **থিতান প্রকোষ্ঠ** (settling tank)বলে। এখানে কতকগুলি প্রলম্বিত অদ্রাব্য অশুদ্ধি যথা কাদা বালি সঞ্চিত হয় এবং খাদের তলদেশে থিতাইয়া পড়ে। (ii) শেষ খাদ হইতে জলকে পাম্পের সাহায্যে চাপ দিয়া লোহার নল দিয়া দ্বিতীয় প্রকার উন্মুক্ত খাদে লওয়া হয়। ইহাদিগকে **পরিস্রুত প্রকোষ্ঠ** (filter bed) বলে। ইহাদের নিম্নাংশ সমতল নয়, নীচু। নীচু অংশে একটি নল আছে। প্রকোষ্ঠে আল্‌গা ইটের উপর তিনটি স্তর থাকে—নীচে পাথরের নুড়ির (gravel) স্তর, মধ্যে মোটা বালির স্তর ও উপরে মিহি বালির স্তর থাকে। এই স্তরগুলির মধ্য দিয়া জল পরিস্রুত হইয়া নল দিয়া নীচে চলিয়া যায়। এই প্রকোষ্ঠগুলিতে সূর্যালোকে ও বায়ুর সংস্পর্শে অনেক জীবাণু নষ্ট হয়। ইহারা বালির স্তরে আট্‌কাইয়া যায়। মাঝে মাঝে প্রকোষ্ঠগুলি পরিষ্কার করা হয়। (iii) পরিস্রুত জলকে একটি প্রকোষ্ঠে পাম্প করিয়া সুবিধামত নিম্নলিখিত যে-কোন উপায়ে জীবাণুশূন্য করা হয়। যথা :—



৬৮নং চিত্র—শহরে জলের বিশুদ্ধীকরণ

(১) ফটকিরি, চুন, সোডিয়াম কারবনেট দ্বারা, (২) ওজোন (ozone) যুক্ত বায়ু ও পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট প্রভৃতি জারক দ্রব্য দ্বারা, (৩) ক্লোরিন, ব্লিচিং পাউডার, সোডিয়াম হাইপোক্লোরাইট (hypochlorite) দ্বারা, (৪) অতিবেগুনি

(ultraviolet) রশ্মি দ্বারা। এই উপায়ে প্রস্তুত জল জীবাণুশূন্য হইয়াছে কিনা পরীক্ষা করা হয়। এই জল খুব উচ্চ আধারে তুলিয়া বাড়ী বাড়ী নলের সাহায্যে সরবরাহ করা হয়।

৯৬ বাতান্বিত জল (Aerated water) : কারবন ডাই-অক্সাইড গ্যাস জলে দ্রাব্য। চাপ-বৃদ্ধির সহিত জলে ইহার দ্রাবত্য বৃদ্ধি পায়। লেমনেড, সোডাওয়াটার, কোকো-কোলা প্রভৃতি পানীয় জলে পাম্পের সাহায্যে অতিরিক্ত চাপে অধিক পরিমাণ কারবন ডাই-অক্সাইড দ্রবীভূত করিয়া বোতলের মুখ ছিপি দিয়া আটকানো থাকে। ছিপি খুলিলেই ভিতরের চাপ কমিয়া যায় এবং কারবন ডাই-অক্সাইড বুদ্‌বুদের আকারে বাহির হয়। জলে চিনি, সোডিয়াম বাই-কারবনেট ও আদার রস দেওয়া থাকে। এই জল হজমের পক্ষে উপযোগী।

৯৭। **খর** (Hard) **ও মৃদু** (Soft) **জল** : (ক) **সংজ্ঞা** : যে জল সহজে সাবানের সঙ্গে ফেনা দেয় না, অনেকখানি সাবান ঘষিবার পরে ফেনা দেয় তাহাকে **খর** জল বলে। যে জল সহজেই সাবানের সঙ্গে ফেনা দেয় তাহাকে **মৃদু** জল বলে।

(ঘ) **খরতার কারণ**—জলে ক্ষার ধাতুর লবণ ব্যতীত অন্য ধাতুর বিশেষতঃ ম্যাগনেসিয়ামের ও ক্যাল্‌সিয়ামের দ্রাব্য বাইকারবনেট [$Mg(HCO_3)_2$, $Ca(HCO_3)_2$], সাল্‌ফেট ($MgSO_4$, $CaSO_4$) বা ক্লোরাইড ($MgCl_2$, $CaCl_2$) লবণ দ্রবীভূত থাকিলে জল খর হয়।

(গ) **সাবান ও জল** : সাবানে পামিটিক, স্টিয়ারিক, ওলিক (Palmitic, stearic ও oleic) প্রভৃতি জৈব (organic) অ্যাসিডের Na বা K ধাতুর দ্রাব্য লবণ থাকে। সাবান জলে ঘষিলে এই সকল লবণ জলে দ্রবীভূত হয়। জলের পৃষ্ঠটান (surface tension) সাবানের দ্রবণ দ্বারা অনেক কমিয়া যায়। সেইজন্য সাবানের জলে বায়ুর বুদ্‌বুদগুলি (ফেনা) অধিক স্থায়ী হয়। এই সকল লবণের অ্যাসিড মূলকের সহিত Ca, Mg বা Fe ধাতু যে লবণ গঠন করে তাহারা জলে অদ্রাব্য। সুতরাং সাবানের সঙ্গে খর জল মিশাইলে খর জলের Ca, Mg বা Fe ধাতুর দ্রাব্য লবণের সহিত জলে সাবানের দ্রবীভূত লবণ ক্রিয়া করে এবং Ca, Mg বা Fe ধাতুর স্টিয়ারিক অ্যাসিডের **অদ্রাব্য** লবণ অধঃক্ষিপ্ত হয় ; $2NaSa + CaCl_2 = 2NaCl + CaSa_2$ (মনে কর Sa স্টিয়ারিক অ্যাসিডের মূলক)। এই অদ্রাব্য

লবণ জলে গাদের (scum) মত দেখা যায়, সুতরাং খর জলের Ca বা Mg-এর লবণ যতক্ষণ না অধঃক্ষিপ্ত হয় ততক্ষণ সাবান দ্বারা কাপড় পরিষ্কার হয় না। অধঃক্ষেপণের দ্বারা খর জলের Ca, Mg বা Fe-এর লবণের অপসারণকে জলের **মৃদুকরণ** (softening) বলে।

(ঘ) **খরতার প্রকার ঃ** খরতা দুই প্রকারের হয়; যথা—

(i) যে জলে Ca বা Mg-এর বাইকারবনেট লবণ দ্রবীভূত থাকে সেই জলের খরতাকে **অস্থায়ী** (temporary) **খরতা** বলে, কারণ এই খরতা সহজ উপায়ে (যথা জলকে ফুটাইয়া) দূর করা যায়।

(ii) জলে Ca বা Mg-এর সাল্‌ফেট বা ক্লোরাইড লবণ দ্রবীভূত থাকিলে খরতাকে **স্থায়ী** (permanent) **খরতা** বলে; কারণ এই খরতা সহজে দূর করা যায় না। স্থায়ী খরতাকে দূর করিতে হইলে জলের সঙ্গে অন্য রাসায়নিক দ্রব্যের ক্রিয়া করাইয়া এই দ্রাব্য লবণগুলিকে অদ্রাব্য লবণে পরিণত করিতে হয়।

৯৮। **খরতা অপসারণ ও জলের মৃদু-করণ নীতি ঃ** খর জলের Ca ও Mg-এর দ্রাব্য লবণকে অদ্রাব্য লবণে পরিণত করিয়া এবং ইহাকে অধঃক্ষিপ্ত করিয়া জলকে পরিস্রুত করিলে মৃদু জল পাওয়া যায়।

(ক) **অস্থায়ী খরতা অপসারণ ঃ** (i) খর জলকে ফুটাইলে দ্রাব্য বাইকারবনেট অদ্রাব্য কারবনেটে পরিণত হইয়া অধঃক্ষিপ্ত হয়; যথা $Ca(HCO_3)_2$ বা $Mg(HCO_3)_2 = CaCO_3$ বা $MgCO_3 + H_2O + CO_2$; কেট্‌লিতে বা বয়লারের গায়ে $CaCO_3$র সাদা সর পড়ে।

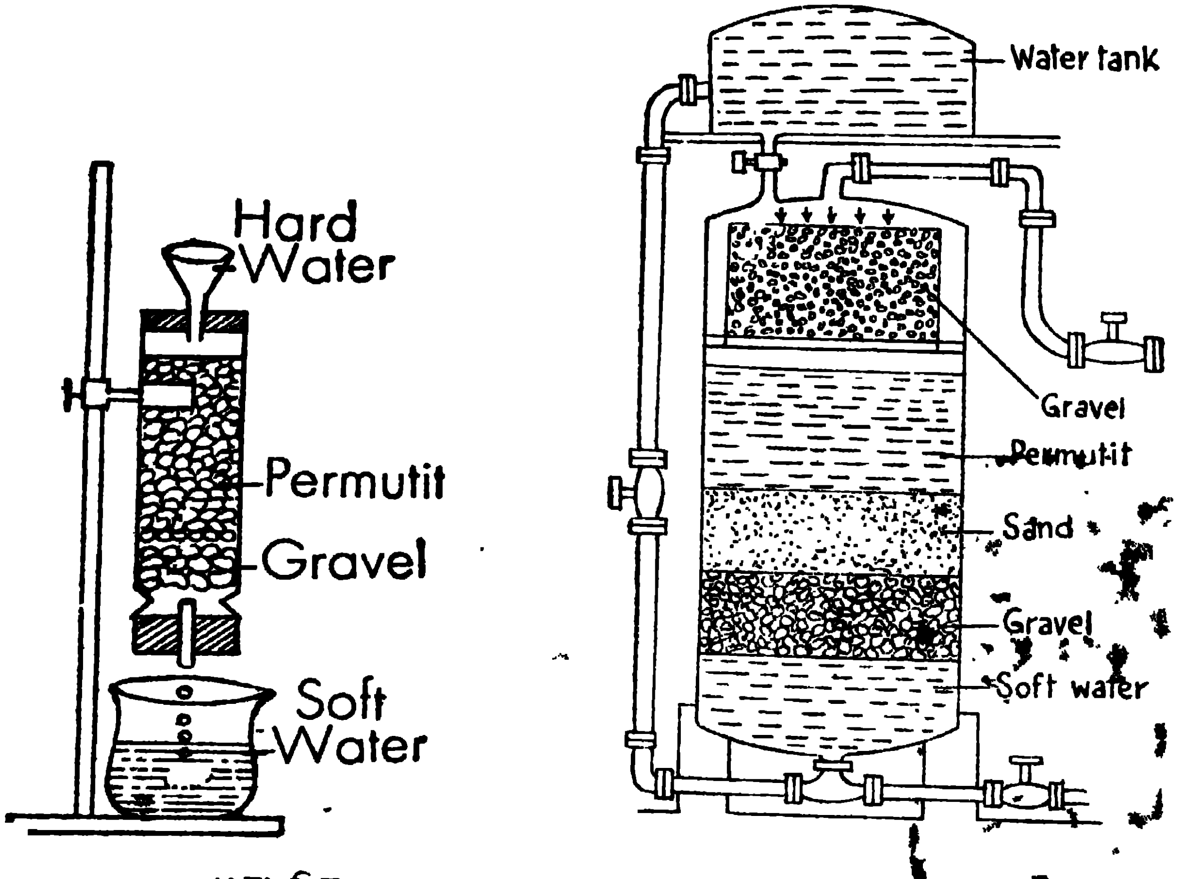
(ii) **ক্লার্ক (Clark's) পদ্ধতি ঃ** খর জলের সঙ্গে **উপযুক্ত** পরিমাণ কলিচুন $Ca(OH)_2$ যোগ করিলে অদ্রাব্য $CaCO_3$ ও $Mg(OH)_2$ অধঃক্ষিপ্ত হয় ঃ $Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 = 2CaCO_3 + 2H_2O$; $Mg(HCO_3)_2 + 2Ca(OH)_2 = 2CaCO_3 + Mg(OH)_2 + 2H_2O$.

এই উপায়ে খরতা দূর করিতে হইলে প্রয়োজনাতিরিক্ত চুন দিলে খরতা দূর না হইয়া বৃদ্ধি পায়। জলে খরতার পরিমাণ পূর্ব হইতে নির্ধারণ করিয়া প্রয়োজন মত চুন ব্যবহার করিতে হয়।

(খ) **স্থায়ী খরতা অপসারণ ঃ** (i) খর জলে Na_2CO_3 (কাপড় কাচার সোডা) দিলে দ্রাব্য Ca বা Mg-এর সাল্‌ফেট বা ক্লোরাইড অদ্রাব্য Ca বা Mg-এর কারবনেটে পরিণত হইয়া অধঃক্ষিপ্ত হয় ; $CaCl_2$

বা $MgCl_2 + Na_2CO_3 = CaCO_3$ বা $MgCO_3 + 2NaCl$; $MgSO_4$ বা $CaSO_4 + Na_2CO_3 = MgCO_3$ বা $CaCO_3 + Na_2SO_4$ সোডিয়াম লবণ জলে দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে। এই পদ্ধতিতে জলে বাইকারবনেট থাকিলে ইহা অদ্রাব্য কারবনেটে পরিণত হয়।

(ii) **পারমুটিট** (Permutit) **পদ্ধতি ঃ** জিয়োলাইট (Zeolite) নামক খনিজ পদার্থ সাধারণ মৃত্তিকার মত এবং ইহারা সোডিয়াম ও অ্যালুমিনিয়াম ধাতুর সিলিকেট দ্বারা গঠিত। কৃত্রিম উপায়ে সোডিয়াম ও অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেট প্রস্তুত করা যায়। ইহা স্বাভাবিক খনিজ জিয়োলাইটের মত। ইহাকে **পারমুটিট** বলে। পারমুটিট কথার অর্থ 'বিনিময়।' পারমুটিটের মধ্য দিয়া খর জল পরিস্রুত করিলে পারমুটিটের দ্রাব্য Na-এর লবণের সঙ্গে জলের দ্রাব্য লবণের Ca ও Mg-এর স্থান বিনিময় হইয়া অদ্রাব্য Ca ও Mg অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেট উৎপন্ন হয়। ইহা পারমুটিটের মধ্যে থাকিয়া যায়। দ্রাব্য NaCl বা Na_2SO_4 জলের সঙ্গে নীচে চলিয়া যায়।



৬৯নং চিত্র ৭০নং চিত্র

পারমুটিট পদ্ধতি

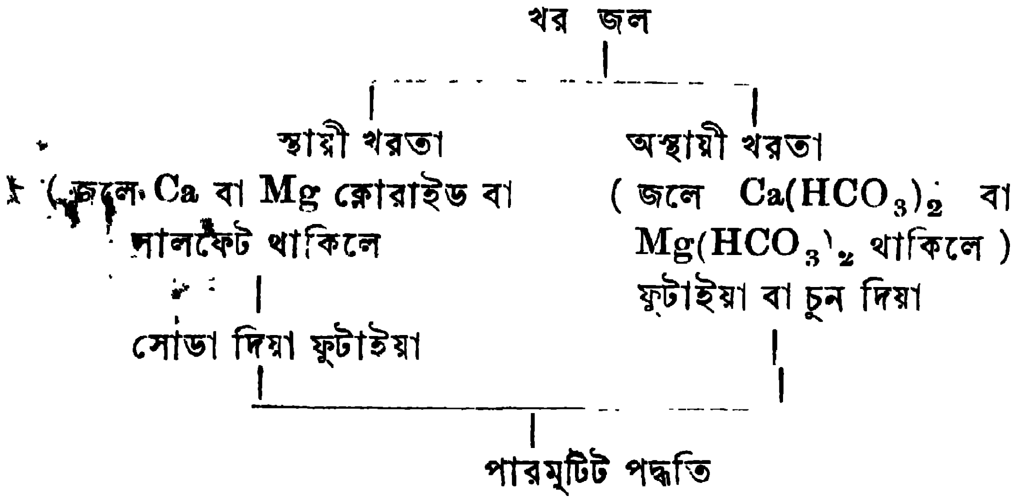
Na-পারমুটিট + $CaSO_4$ = Ca-পারমুটিট + Na_2SO_4.

জলের ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম লবণ অপসারিত হইয়া ইহাতে সোডিয়ামের লবণ দ্রাবিত অবস্থায় আসে। সেইজন্য জলের আর খরতা থাকে না।

বহুদিন ব্যবহারে পারমুটিটের খরতা দূরীকরণের ক্ষমতা চলিয়া যায়। কারণ সমস্ত সোডিয়াম পারমুটিট ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম লবণে পরিণত হয়। তখন ইহার ভিতর দিয়া ধীরে ধীরে লবণ-জল (10%NaCl) প্রবাহিত করানো হয়। ইহাতে Na-পারমুটিট পুনর্গঠিত হয়। Ca-পারমুটিট $+ 2NaCl = 2$Na-পারমুটিট $+ CaCl_2$। এইরূপে পুনরুজ্জীবনের ফলে একই পারমুটিট বহুদিন ব্যবহার করা হয়।

একটি খাড়া ইষ্টক বা লৌহ নির্মিত প্রকাণ্ড চোঙাকৃতি পাত্রের মধ্যে পারমুটিট স্তর থাকে এবং উপর ও নীচে পাথরের নুড়ির স্তর থাকে। খর জল উপরের স্তরে ঢালা হয়। মৃদু জল নীচে হইতে বাহির হয়। পারমুটিট পদ্ধতিতে দুই প্রকার খরতাই দূর হয়।

খর জলের মৃদুকরণের পদ্ধতি ঃ



৯৯। **খর জল ও মৃদু জলের ব্যবহারে পার্থক্য ঃ** (ক) বয়লারে জল ফুটাইয়া স্টীম প্রস্তুত করা হয়। স্টীমের সাহায্যে এঞ্জিন, কলকারখানা চালানো হয়। খর জল ব্যবহার করিলে বয়লারের গায়ে ক্যালসিয়াম সালফেট ($CaSO_4$) ও ক্যালসিয়াম কারবনেট ($CaCO_3$) জমিয়া যায়। ইহাকে **বয়লার আঁশ** (Boiler Scale) বলে। ইহা তাপের কুপরিবাহী। সুতরাং ইহার জন্য বয়লারে বেশী তাপ দিতে হয় এবং কয়লার খরচ বেশী হয়। ইহাতেও বয়লারের ক্ষতি হয়। সেইজন্য বয়লারের জলকে মৃদু ও অ্যাসিডশূন্য করিতে

হয়। (খ) সাবানের সঙ্গে খর জল ব্যবহার করিলে অনেক সাবান নষ্ট হয় সেইজন্য ধোপাখানায় (laundry) মৃদু জল ব্যবহার করিতে হয়। ধোপাখানার জল লৌহ ও লবণশূন্য হওয়া দরকার। (গ) পানীয় জল খুব মৃদু হওয়া ভাল নহে কারণ Ca-লবণ দেহ-গঠনে দরকার হয়। ইহাতে জল সুস্বাদু হয়। (ঘ) মৃদু জল লেড দ্রবীভূত করে। (ঙ) কাগজ, কৃত্রিম রেশম, রঞ্জন প্রভৃতি রাসায়নিক শিল্পে মৃদু জল ব্যবহৃত হয়। (চ) জল অধিক খর হইলে ইহাতে খাদ্যদ্রব্য সহজে সিদ্ধ হয় না।

১০০। **জলের গুণঃ ভৌত গুণঃ** (i) বিশুদ্ধ জল পরিষ্কার, স্বচ্ছ, বর্ণহীন, গন্ধহীন, স্বাদহীন ও উদ্বায়ী তরল। গভীর জলকে ফিকে সবুজ দেখায়। সমুদ্রের জল খুব গভীর বলিয়া, ইহাকে ঘন নীল দেখায় কিন্তু কাচের পাত্রে সমুদ্রের জল লইলে তাহাকে বর্ণহীন দেখায়। জলের আঃ গুরুত্ব = 4°Cতে এক। 760 মিঃ মিঃ চাপে জলের স্ফুটনাঙ্ক = 100°C, জলের হিমাঙ্ক = 0°C.

(ii) **তাপের ফল**ঃ জলের ঘনাঙ্ক 4°Cতে সর্বোচ্চ হয়। জলকে 4°C-এর উপর গরম করিলে কিংবা 4°C-এর নীচে শীতল করিলে জলের আয়তন বাড়ে। ইহা 0°Cতে বরফ হয়। 100 ঘঃ সেঃ মিঃ জল = 109 ঘঃ সেঃ মিঃ বরফ। সেইজন্য বরফ জলে ভাসে।

(iii) জল তাপ ও বিদ্যুতের কুপরিবাহী।

(iv) **জলের দ্রাবকশক্তি** (Solvent power of water)ঃ জল খুব ভাল দ্রাবক। জলে বহু কঠিন, তরল এবং গ্যাস নিম্ন উষ্ণতায় বা উচ্চ উষ্ণতায় দ্রবীভূত হয়। গাঢ় কঠিন সালফিউরিক অ্যাসিড, কঠিন কস্টিক সোডা ও কস্টিক পটাশ জলে দ্রবীভূত হইলে তাপ উদ্ভূত হয়। আবার অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড (NH_4Cl) ও চিনি জলে দ্রবীভূত হইলে তাপ শোষিত হয়। ভূ-পৃষ্ঠের বহু কঠিন পদার্থ বৃষ্টির জল দ্বারা ধৌত হইয়া নদীর মারফত সমুদ্রে মিশিয়া যায়। সুতরাং সমুদ্র-জলের মধ্যে অনেক লবণ-জাতীয় পদার্থ দ্রবীভূত থাকে। সমুদ্রজল হইতে খাদ্যলবণ ও অন্যান্য লবণ সংগৃহীত হয়। সোনাও অতি সামান্য পরিমাণে দ্রবীভূত হয়। কাচের পাত্রে অনেক দিন যাবৎ জল রাখিলেও অতি সামান্য কাচও জলে দ্রবীভূত হয়।

মোম, রবার, গালা জাতীয় পদার্থ কারবন টেট্রাক্লোরাইডে, সালফার, ফসফরাস বা কৃত্রিম রেশম কারবন ডাই-সালফাইডে, বার্নিশ ও রঞ্জন কোহলে, আলকাতরা ও রং তিসির তৈলে দ্রবীভূত হয়। কাপড়ে মোম লাগিলে বা

রবারের দাগ লাগিলে কারবন টেট্রাক্লোরাইড দিয়া ধুইতে হয়। কাপড়ে কোনও কারণে কাঁচা রং লাগিলে তিসির তেল দিয়া ধুইতে হয়।

পেট্রল, কেরোসিন প্রভৃতি খনিজ তৈল। নারিকেল তৈল, সরিষার তৈল উদ্ভিজ্জ তৈল। এই সকল তৈল, ঘৃত ও চর্বি জলে দ্রবীভূত হয় না। এই সকল পদার্থ বেনজিন, অ্যাসিটোন, কারবন টেট্রাক্লোরাইড, ঈথার প্রভৃতি দ্রাবকে দ্রবীভূত হয়।

দ্রবীভূত করিবার পক্ষে দ্রাবকের ও দ্রাবের রাসায়নিক ও ভৌত গুণ সাহায্য করে। তাপ ও চাপের উপর পদার্থের দ্রাব্যতা নির্ভর করে। বাষ্পের দ্রাবক-ধর্মের সাহায্যে দ্রবণ, পরিস্রাবণ, বাষ্পায়ন, পাতন, স্ফটিকিকরণ ইত্যাদি পদ্ধতি গুলি রসায়নাগারে কার্যকরী করা সম্ভব হইয়াছে।

রাসায়নিক গুণ ঃ জল হাইড্রোজেনের অক্সাইড কিন্তু ইহা প্রশম (neutral) অক্সাইড, অর্থাৎ ইহা নীল বা লাল লিটমাসের বর্ণকে বদলায় না।

(i) **ধাতুর উপর জলের ক্রিয়া (Action of water on metals) ঃ**

বিভিন্ন উষ্ণতায় বিভিন্ন ধাতু জলের সঙ্গে ক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। সাধারণ উষ্ণতায় ক্ষার ধাতু যথা, সোডিয়াম, পটাসিয়াম এত তীব্রতার সঙ্গে ক্রিয়া করে যে হাইড্রোজেন সংগ্রহ করিবার অসুবিধা হয়। পটাসিয়ামের সহিত ক্রিয়ায় এত তাপ উদ্ভুত হয় যে হাইড্রোজেন গ্যাস জ্বলিয়া উঠে। সেইজন্য খলে ক্ষার ধাতুর সহিত পারদ মিশ্রিত করিয়া পারদসংকর (amalgam) জলে দেওয়া হয়। জলের সহিত সোডিয়াম, পটাসিয়াম ও ক্যালসিয়ামের ক্রিয়ায় এই সকল ধাতুর হাইড্রোক্সাইড উৎপন্ন হয়; ইহারা ক্ষার।

$2Na+2H_2O=2NaOH$ (সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড) $+H_2$

$2K+2H_2O=2KOH$ (পটাসিয়াম হাইড্রোক্সাইড) $+H_2$

$Ca+2H_2O=Ca(OH)_2$ (ক্যালসিয়াম হাইড্রোক্সাইড) $+H_2$

পরীক্ষা (D) : (i) বড় বেসিনে জল লও। ইহাতে লাল ও নীল লিটমাস কাগজ ডুবাও। ইহাদের কোন পরিবর্তন হয় না। ইহাতে এক টুকরা পটাসিয়াম ধাতু ফেলিয়া দাও। ইহাদের রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে পটাসিয়াম হাইড্রোক্সাইড উৎপন্ন হয় এবং সঙ্গে সঙ্গে হাইড্রোজেন গ্যাস উদ্ভুত হয়। পটাসিয়াম জলের অপেক্ষা হাল্‌কা বলিয়া মটর দানার মত জলের উপর হিস হিস শব্দ করিয়া ঘুরিয়া বেড়ায়। এই ক্রিয়ায় উদ্ভুত তাপে

হাইড্রোজেন গ্যাস জ্বলিয়া উঠে। পটাসিয়ামের বাষ্পের জন্য শিখার বর্ণ বেগুনী হয়। এই পটাসিয়াম হাইড্রোক্সাইড ক্ষার-জাতীয় পদার্থ। সেইজন্য ইহা লাল লিট্‌মাস কাগজকে নীলবর্ণ করে।

(ii) উপরোক্ত পরীক্ষার মত জলে সোডিয়াম দাও। হাইড্রোজেন উত্থিত হয়। ক্রিয়ার ফলে সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড উৎপন্ন হয়। ইহা লাল লিট্‌মাস কাগজকে নীল করে। সোডিয়াম জলের চেয়ে হাল্‌কা বলিয়া জলে ভাসে।

(iii) ছোট ছোট সোডিয়াম ধাতুর টুকরা খলে পারদের সঙ্গে ভালরূপে মিশ্রিত করিয়া লও। পারদসংকর কঠিন হইবে। একটি পাত্রে জল লইয়া জলের মধ্যে পারদসংকর ছাড়িয়া দাও। জলের সহিত ক্রিয়ার ফলে হাইড্রোজেন ধীরে ধীরে উৎপন্ন হইবে। একটি গ্যাসজার জলপূর্ণ করিয়া ইহার উপর ধর। গ্যাসজারে হাইড্রোজেন সঞ্চিত হয়। গ্যাসজারকে উল্‌টা করিয়া ধরিয়া ইহার মুখে জ্বলন্ত কাঠি প্রবেশ করাইলে হাইড্রোজেন জ্বলিবে, কিন্তু শিখা নিবিয়া যাইবে।

(iv) জলপূর্ণ পরীক্ষা-নলকে জলপূর্ণ পাত্রে উপুড় করিয়া দাও। পরীক্ষা-নলের মুখে এক টুকরা ক্যালসিয়াম ধাতু ফেলিয়া দাও। হাইড্রোজেন গ্যাস উত্থিত হইয়া পরীক্ষা-নলে জমে। পরীক্ষা-নলকে সরাইয়া ইহার মুখে জ্বলন্ত শলাকা দিলে গ্যাস দপ করিয়া জ্বলিয়া উঠে। পাত্রের জল লাল লিট্‌মাস কাগজকে নীল করে। পাত্রের জলে নল দিয়া ভুড়ভুড়ি কাটিলে জল ঘোলাটে হয়। কারণ নিঃশ্বাসের কারবন ডাই-অক্সাইড জলের ক্যালসিয়াম হাইড্রোক্সাইডের সঙ্গে ক্রিয়া করিয়া ক্যালসিয়াম কারবনেট উৎপন্ন করে।

(v) পরীক্ষা-নলে সাধারণ উষ্ণতার জল লইয়া তাহাতে ম্যাগনেসিয়াম বা অ্যালুমিনিয়াম বা লোহ দাও। জলের সহিত ইহাদের কোন রাসায়নিক ক্রিয়া হয় না।

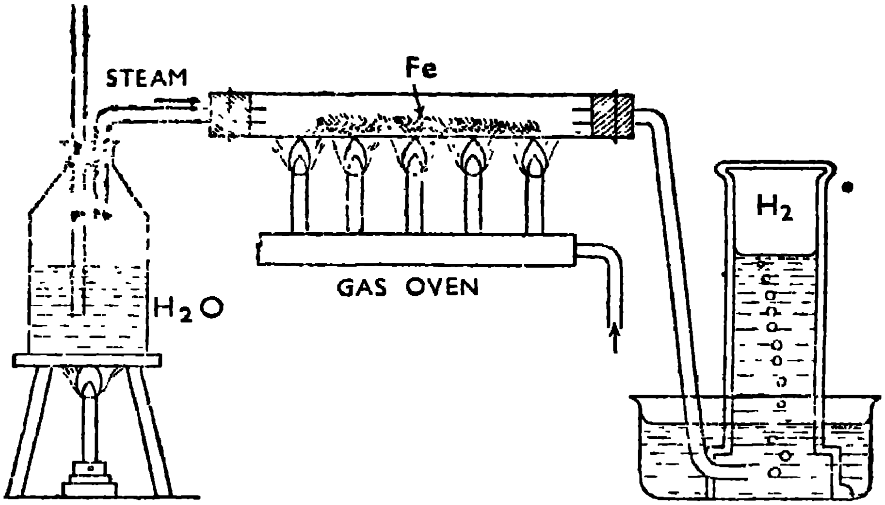
ফুটন্ত জলে ম্যাগনেসিয়াম বা অ্যালুমিনিয়াম চূর্ণ ফেলিয়া দাও। হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। একটি জলপূর্ণ পরীক্ষা-নল পাত্রে উপুড় করিয়া দিলে পরীক্ষা-নলে গ্যাস জমে এবং ক্রিয়ার ফলে প্রচুর হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।

$$2Al + 6H_2O = 2Al(OH)_3 + 3H_2$$
$$Mg + 2H_2O = Mg(OH)_2 + H_2$$

লোহিত তপ্ত ম্যাগনেসিয়ামের কিংবা লৌহচূর্ণের উপর দিয়া স্টীম পরিচালিত করিলে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় ;

$$3Fe + 4H_2O = Fe_3O_4 + 4H_2.$$
$$Mg + H_2O = MgO + H_2.$$

পরীক্ষা (D) : দুই-মুখ-খোলা শক্ত কাচ-নলের ভিতর কিছু লৌহ-চূর্ণ (Fe) লও। কাচনলটিকে গ্যাস-চুল্লীর (gas oven) উপর রাখ। শক্ত কাচনলের দুই মুখে দুইটি কর্কের মধ্য দিয়া দুইটি বাঁকানো কাচ-নল জুড়িয়া দাও। বামদিকের কাচ-নল ছিপিবদ্ধ আংশিক জলপূর্ণ পাত্রের সহিত যুক্ত কর। ডানদিকের নির্গম কাচনলের শেষ প্রান্ত গ্যাস-দ্রোণীর জলের মধ্যে প্রবেশ করাও। ইহার উপর জলপূর্ণ গ্যাস-জার উপুড় করিয়া ধর। চুল্লী জ্বালাইয়া শক্ত কাচনলের লৌহচূর্ণকে খুব উত্তপ্ত কর। পাত্রের জলকে ফুটাইয়া স্টীম উৎপন্ন কর এবং স্টীমকে উত্তপ্ত লৌহের উপর দিয়া অতিক্রম করাও। হাইড্রোজেন উৎপন্ন হইয়া গ্যাস-জারে জমে। গ্যাস-জার সরাইয়াই গ্যাস-জারের মুখে জ্বলন্ত শলাকা লইয়া যাইলে গ্যাস দপ্ করিয়া জ্বলিয়া উঠে।



৭১নং চিত্র—লৌহের উপর স্টীমের ক্রিয়া।

ল্যাভয়সিয়ার 1748 খৃষ্টাব্দে বন্দুকের নলের (gun-barrel) মধ্যে লৌহচূর্ণ ভর্তি করিয়া ইহাকে উত্তাপে লোহিতবর্ণ করিয়া ইহার মধ্য দিয়া স্টীম চালনা করিয়া হাইড্রোজেন প্রস্তুত করেন এবং দেখেন যে লৌহচূর্ণ

অক্সাইডে পরিণত হইয়াছে। এই পরীক্ষা হইতে তিনি প্রমাণ করেন যে, জল মৌলিক পদার্থ নহে। ইহা অক্সিজেন ও হাইড্রোজেনের যৌগিক পদার্থ।

মারকারি, সিলভার, গোল্ড জলের উপর কোন উষ্ণতাতেই ক্রিয়া করে না। উপরোক্ত পরীক্ষায় লৌহের পরিবর্তে মারকারি, সিল্‌ভার' গোল্ড বা সীসা লইলে কোন ক্রিয়া হয় না।

(ii)) লোহিত তপ্ত (1000°C) কয়লা স্টীমকে বিশ্লিষ্ট করে:

$$C+H_2O=CO+H_2.$$

CO ও H_2-এর মিশ্রণকে **ওয়াটার-গ্যাস** বলে।

এই সকল পরীক্ষা হইতে দেখা যায়:—

(ক) কতকগুলি ধাতু, যথা—সোডিয়াম, পটাসিয়াম, শীতল অবস্থায় জলের সহিত ক্রিয়া করে। (খ) কতকগুলি ধাতু যথা ম্যাগনেসিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম, লৌহ উত্তপ্ত অবস্থায় স্টীমের সহিত ক্রিয়া করে। (গ) কতকগুলি ধাতু যথা মারকারি, সিলভার প্রভৃতি জল বা স্টীমের সঙ্গে ক্রিয়া করে না। (ঘ) জলের একটি উপাদান হাইড্রোজেন। (ঙ) তাপ-প্রয়োগে রাসায়নিক ক্রিয়া ত্বরান্বিত হয়।

(iii) **ধাতব অক্সাইডের উপর জলের ক্রিয়া:** ধাতব অক্সাইডের সহিত জলের ক্রিয়া হইলে ধাতুর হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন হয়। ইহারা ক্ষার-জাতীয় পদার্থ। সুতরাং ইহার লাল লিটমাস কাগজকে নীল করে।

পরীক্ষা: পরীক্ষা-নলে জল লইয়া পৃথকভাবে পটাসিয়াম অক্সাইড, সোডিয়াম অক্সাইড ও ক্যালসিয়াম অক্সাইড জলে দ্রবীভূত কর। এই জলে লাল লিটমাস কাগজ ডুবাও। ইহা নীল হয়।

$$Na_2O+H_2O=2NaOH\ ;\ K_2O+H_2O=2KOH\ ;$$
$$CaO+H_2O=Ca(OH)_2\ ;\ MgO+H_2O=Mg(OH)_2\ ;$$
$$ZnO+H_2O=Zn(OH)_2.$$

(iv) **অধাতব অক্সাইডের উপর জলের ক্রিয়া:** অধাতব অক্সাইডের উপর জল ক্রিয়া করিলে অক্সি-অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। ইহা নীল লিটমাস কাগজকে লাল করে।

সালফার ট্রাই-অক্সাইড (SO_3) গ্যাস জলে দ্রবীভূত হইলে সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। ফস্‌ফরাস পেণ্টক্সাইড জলে দ্রবীভূত হইলে ফস্‌ফরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড জলে দ্রবীভূত হইলে

নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। ইহাদের জলীয় দ্রবণে নীল লিটমাস কাগজ দিলে লাল হয়।

$$SO_3 + H_2O = H_2SO_4$$ (সালফিউরিক অ্যাসিড)

$$P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4$$ (ফসফরিক অ্যাসিড)

$$N_2O_5 + H_2O = 2HNO_3$$ (নাইট্রিক অ্যাসিড)

জলে সালফার ডাই-অক্সাইড ও কারবন ডাই-অক্সাইড দ্রবীভূত হইলে যথাক্রমে সালফিউরাস অ্যাসিড ও কারবনিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়, কিন্তু ইহারা খুব দুঃস্থিত (unstable) অ্যাসিড। ইহারা জলে দ্রবীভূত থাকে। ইহাদিগকে পৃথক করা যায় না। দ্রবণে একটু তাপ দিলে দ্রবণ হইতে উক্ত গ্যাস পুনরুৎপন্ন হয়।

$$SO_2 + H_2O = H_2SO_3$$

$$CO_2 + H_2O = H_2CO_3$$

১০০ (ক) : কেলাস জল (Water of crystallisation) : অনেক সময় এক বা একাধিক জলের অণু অন্যান্য বিভিন্ন বস্তুর একটি অণুর সহিত যুক্ত থাকে, যেমন $CuSO_4, 5H_2O$, ; $ZnSO_4, 7H_2O$। জলের এই সকল অণুকে কেলাস জল (water of crystallisation) বলে। অধিকাংশ ক্ষেত্রে এই জলযুক্ত পদার্থগুলি স্ফটিক (crystal) হয়। স্ফটিকের বর্ণ ও আকৃতি এই কেলাস-জলের উপর নির্ভর করে। এই স্ফটিকগুলিকে সোদক স্ফটিক (Hydrated crystals) বলে। ইহার বিষয় পরে বলা হইয়াছে।

১০১। জলের অভীক্ষণ (Test) : (ক) জল বর্ণহীন, স্বাদহীন ও গন্ধহীন তরল ; (খ) ইহা 0°Cতে ঘনীভূত হয়। (গ) ইহা 100°Cতে সম্পূর্ণ বাষ্পীভূত হয়। (ঘ) ইহা অনাদ্র´ সাদা $CuSO_4$কে নীল বর্ণ লবণ করে। (ঙ) বিশুদ্ধ জল নিম্নলিখিত বিকারকের (reagent) সঙ্গে কোন অধঃক্ষেপ (precipitate) বা বর্ণ উৎপন্ন করে না, যথা (i) $AgNO_3$ দ্রবণ (ক্লোরাইডের অনুপস্থিতি প্রকাশ করে)। (ii) $BaCl_2$ দ্রবণ (সালফেটের অনুপস্থিতি প্রকাশ করে)।

১০১ (ক)। আদ্র´ বিশ্লেষণ : অনেক যৌগিক পদার্থ জলের দ্বারা বিশ্লিষ্ট হইয়া অন্য পদার্থে পরিণত হয়। এইরূপ রাসায়নিক ক্রিয়াকে **আদ্র´ বিশ্লেষণ** (Hydrolysis) বলে ; $AlCl_3 + 3H_2O \rightleftharpoons Al(OH)_3 + 3HCl$.

অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড + জল = অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রোক্সাইড + হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড।

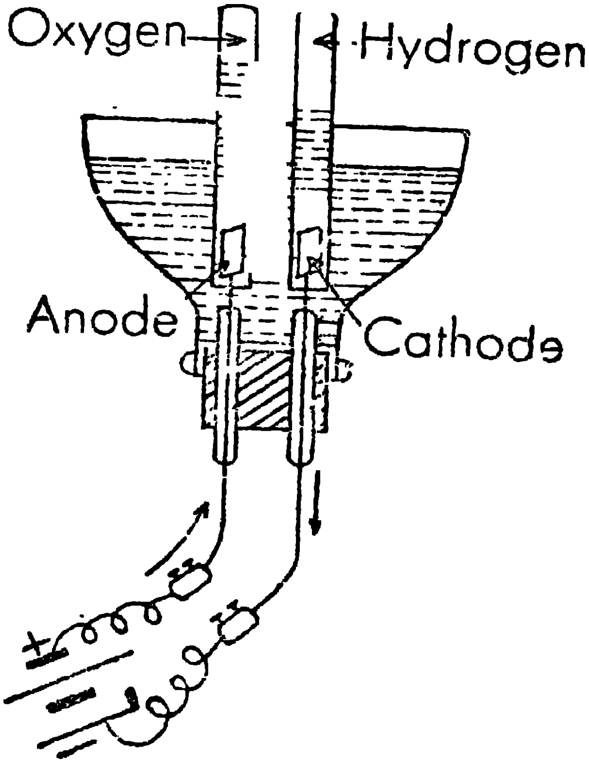
১০২। জলের সংযুতি (Composition): যৌগিক পদার্থে উপাদানগুলি ওজন ও আয়তনের নির্দিষ্ট অনুপাতে যুক্ত হয়। এই অনুপাতকে যৌগিক পদার্থের **সংযুতি** বলে। সংযুতির সাহায্যে যৌগিক পদার্থের সংকেত স্থির করা হয়। যৌগিক পদার্থকে বিশ্লিষ্ট করিয়া উৎপন্ন উপাদানসমূহের পরিমাণ নির্ধারণ করিয়া কিংবা নির্দিষ্ট পরিমাণ উপাদানসমূহের রাসায়নিক মিলন ঘটাইয়া সংযুতি স্থির করা হয়। প্রথমোক্ত পদ্ধতিকে **বৈশ্লেষিক** (analytical) পদ্ধতি, দ্বিতীয় পদ্ধতিকে **সাংশ্লেষিক** (synthetic) পদ্ধতি বলে।

(ক) **আয়তনিক সংযুতি:** (Volumetric Compositon):

(i) **বৈশ্লেষিক** (Analytical) **পদ্ধতি: তড়িৎ বিশ্লেষণ দ্বারা:**

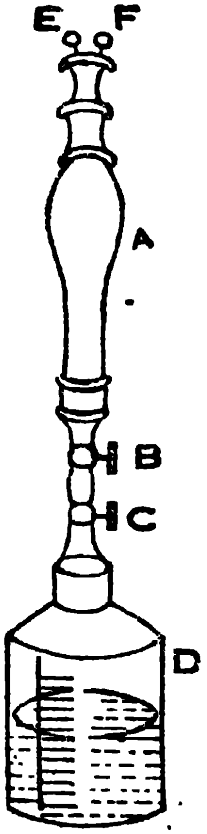
নীতি: তড়িতের সাহায্যে জলকে বিশ্লিষ্ট করিয়া উৎপন্ন অক্সিজেন ও হাইড্রোজেনের আয়তন মাপা হয়।

পরীক্ষা (D): এই যন্ত্রে একটি কাঁচের পাত্রের তলদেশে কাচ গলাইয়া দুইটি ছিদ্র কবিয়া প্লাটিনাম পাত (foil) জুড়িয়া প্লাটিনাম তারের সহিত যুক্ত করিয়া পাত দুইটি খাঁড়াভাবে বসানো থাকে। পরে কাচ গলাইয়া ছিদ্র বন্ধ করা হয়। পাত্রের অধেকটা বিশুদ্ধজলে পূর্ণ কর। পাত দুইটিকে তারের সাহায্যে ব্যাটারির ঋণাত্মক ও ধনাত্মক মেরুর সঙ্গে যোগ কর। ব্যাটারির ধনাত্মক মেরুর সহিত যুক্ত পাতকে **অ্যানোড** এবং ঋণাত্মক মেরুর সহিত যুক্ত পাতকে **ক্যাথোড** বলে। জল বিশ্লিষ্ট হইল না এবং কোন গ্যাস উত্থিত হইল না, কারণ বিশুদ্ধ জল তড়িৎ অপরিবাহী। জলকে তড়িৎবাহী করিবার জন্য জলে একটু সালফিউরিক অ্যাসিড দাও। লক্ষ্য রাখ যে, যন্ত্রের কোন স্থানে কোন



৭২নং চিত্র—তড়িৎ-দ্বারা বিশ্লেষণ।

বায়ু আবদ্ধ না থাকে। দুইটি পাতের উপর অংশাঙ্কিত ও একই অ্যাসিড যুক্ত জলপূর্ণ নল উপুড় করিয়া দাও। দুইটি নলে জল অপসারণ করিয়া গ্যাস জমে। কিছুক্ষণ পর তড়িৎ-প্রবাহ বন্ধ করিলে দেখা যায় যে, ক্যাথোডে (যে দ্বার দিয়া তড়িৎ ব্যাটারিতে ফিরিয়া যায়) সঞ্চিত গ্যাসের আয়তন = 2 × অ্যানোডে (যে দ্বার দিয়া তড়িৎ ব্যাটারি হইতে আসে) সঞ্চিত গ্যাসের আয়তন। ক্যাথোডের পরীক্ষা-নলে সঞ্চিত গ্যাসে জ্বলন্ত শলাকা ঢুকাইলে দপ্ করিয়া শব্দ হয়। গ্যাস ফিকে নীল বর্ণের শিখার সহিত জ্বলে এবং শলাকা নিবিয়া যায়। সুতরাং ইহা **হাইড্রোজেন**। অ্যানোডের পরীক্ষা-নলে সঞ্চিত গ্যাসে মৃদু জ্বলন্ত শলাকা ঢুকাইলে ইহা উজ্জ্বলভাবে জ্বলে কিন্তু গ্যাস জ্বলে না। সুতরাং ইহা **অক্সিজেন**। অতএব এই পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণিত হয় যে, **জল দুই আয়তন হাইড্রোজেন ও এক আয়তন অক্সিজেনের রাসায়নিক সংযোগে গঠিত হয়।**



৭৩নং—চিত্র
হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন হইতে জল উৎপন্ন হয়।

এখন কথা হইতে পারে যে, সালফিউরিক অ্যাসিড বিশ্লিষ্ট হইয়া তো হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন উৎপন্ন হইতে পারে কিন্তু সূক্ষ্ম পরীক্ষার দ্বারা দেখা গিয়াছে যে, সালফিউরিক অ্যাসিডের পরিমাণ পরীক্ষার পূর্বে ও পরে একই থাকে।

(ii) **সাংশ্লেষিক : (Synthetic) পদ্ধতি :**

(১) **ক্যাভেনডিশের পরীক্ষা :** ক্যাভেনডিশই প্রথম জলের আয়তনিক সংযুতি নির্ণয় করেন। তিনি ৭৩নং চিত্রে প্রদর্শিত সুদৃঢ় A কাচ-পাত্রের নীচের প্যাঁচকল B খুলিয়া পাত্রকে পাম্পের সাহায্যে বায়ুশূন্য করেন এবং B প্যাঁচকল বন্ধ করিয়া দেন। C প্যাঁচকল দিয়া D পাত্রে তিনি 1 : 2 অনুপাতে অক্সিজেন ও হাইড্রোজেন গ্যাস লন। A ও D পাত্র মুখোমুখি রাখিয়া প্যাঁচ লাগাইয়া দুই প্যাঁচকল খুলিয়া A পাত্রে গ্যাস প্রবেশ করান এবং B প্যাঁচকল বন্ধ করেন। A পাত্রে দুইটি প্লাটিনাম তার E, F, জোড়া থাকে। তিনি তার দুইটি রুমকর্ফের (Ruhmkorff) আবেশ কুণ্ডলীর (induction coil) সঙ্গে যোগ করিয়া A পাত্রে অগ্নিস্ফুলিঙ্গ উৎপন্ন করেন। ইহাতে বিস্ফোরণ হইয়া জল উৎপন্ন

হয়। এই জলকে A পাত্রের গায়ে শিশিরের মত দেখা যায়। কয়েকবার এইরূপ অক্সিজেন ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণে বিস্ফোরণ করিয়া সামান্য জল উৎপন্ন করেন। এখন তিনি A পাত্রকে পারদের মধ্যে রাখিয়া B প্যাঁচকল খুলিয়া দেন। A পাত্র পারদে ভর্তি হয় অর্থাৎ কোন গ্যাস A পাত্রে অবশিষ্ট থাকে না। সুতরাং এই পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণিত হয় যে **দুই আয়তন হাইড্রোজেন এক আয়তন অক্সিজেন যুক্ত হইয়া জল উৎপন্ন করে।**

(২) **হফম্যান** (Hofmann) **পদ্ধতি:** নীতি: এই পদ্ধতিতে উৎপন্ন জলকে স্টীমরূপে রাখিয়া হফ্‌ম্যান ইহার আয়তন নির্ণয় করেন।

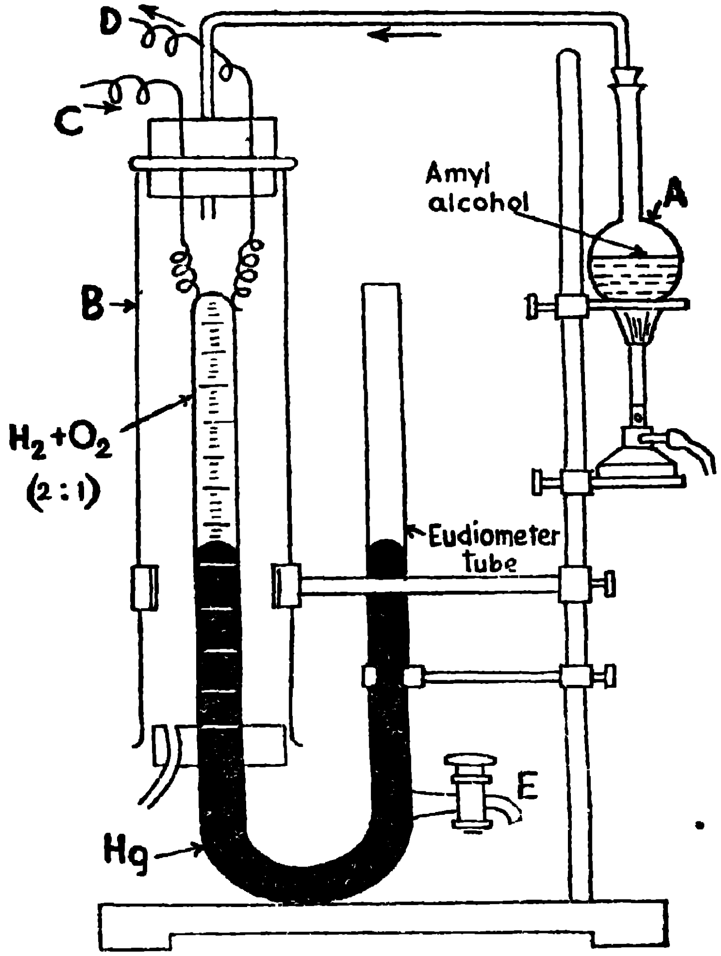
যন্ত্র: একটি U-আকারের eudiometer নলের এক মুখ বদ্ধ ও এক মুখ খোলা। বদ্ধ বাহু অংশাঙ্কিত থাকে। ইহার উপর দিকে দুই প্লাটিনাম তার C, D গলাইয়া লাগানো থাকে। বদ্ধ নলের চারি পাশে একটি কঞ্চুকের মত (jacket) মোটা নল B লাগানো থাকে। ইহার ভিতর অ্যামাইল কোহলের বাষ্প (স্ফুটনাঙ্ক 132°C) প্রবেশ করানো হয়। খোলা বাহুর নিচের দিকে স্টপ কক E থাকে। CD তার আবেশ-কুণ্ডলীর সহিত যোগ করা হয়।

পরীক্ষা: U-নলকে পারদভর্তি কর। জলের তড়িৎ বিশ্লেষণে প্রাপ্ত 2 আয়তন হাইড্রোজেন ও 1 আয়তন অক্সিজেনের মিশ্রণ গাঢ় H_2SO_4-এর মধ্য দিয়া চালনা দ্বারা শুষ্ক করিয়া স্টপকক খুলিয়া পারদ অপসারণ দ্বারা বদ্ধ বাহুতে ভর্তি কর। A পাত্রে অ্যামাইল কোহল ফুটাইয়া কঞ্চুকের মধ্যে বাষ্প প্রবেশ করাও। উষ্ণতা স্থির হইলে দুই বাহুতে পারদ এক তলে আন। গ্যাস-মিশ্রণের আয়তন পড়। কিছু পারদ বাহির করিয়া দাও নচেৎ মিশ্রণে তড়িৎ স্ফুলিঙ্গ দিলে কাচ-নল ভাঙ্গিয়া যাইতে পারে। খোলামুখ বৃদ্ধাঙ্গুলির সাহায্যে বদ্ধ করিয়া রুমকর্কের আবেশ কুণ্ডলীর সহিত তার সংযুক্ত করিয়া একটি মাত্র তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গ মিশ্রণে পাঠাও। হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন যুক্ত হইয়া জল উৎপন্ন করে এবং ইহা স্টীমের আকারে থাকে। দুই বাহুতে পারদ এক তলে আনিয়া আয়তন পড়।

পর্যবেক্ষণ: স্টীমের আয়তন = $\frac{2}{3}$ মিশ্রণের আয়তন।

সিদ্ধান্ত: 2 আয়তন হাইড্রোজেন ও 1 আয়তন অক্সিজেন যুক্ত হইয়া 2 আয়তন স্টীম গঠন করে।

U নলকে অ্যামাইল কোহলের পাত্র হইতে বিচ্ছিন্ন করিয়া ঠাণ্ডা করিলে দেখা যায় বদ্ধ বাহুতে কোন গ্যাস অবশিষ্ট নাই।



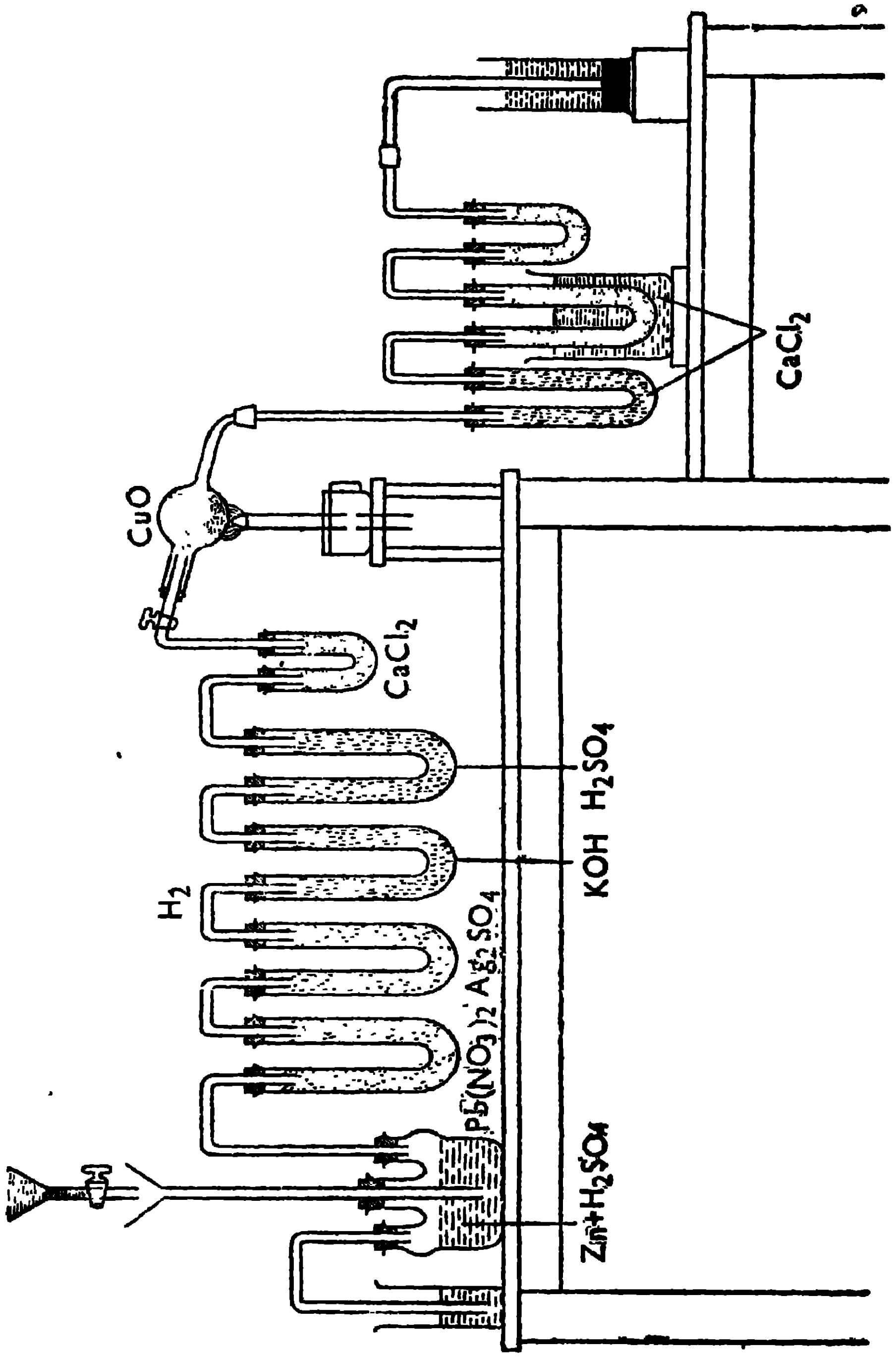
৭৪নং চিত্র—হফ্‌ম্যান পদ্ধতিতে জলের আয়তনিক সংযুতি নির্ণয়

(খ) **জলের ওজন-সংযুতি** (Gravimetric Composition or Composition of water by weight): **ডুমার পরীক্ষা** (Dumas' experiment): জলে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের অনুপাত নানারকম পরীক্ষা দ্বারা নির্ণীত হইয়াছে। ডুমার বিখ্যাত পরীক্ষার মোটামুটি বিবরণ নিম্নে দেওয়া হইল :—

নীতি : বিশুদ্ধ হাইড্রোজেনকে উত্তপ্ত কিউপ্রিক অক্সাইডের উপর দিয়া পরিচালনা করিলে হাইড্রোজেন কিউপ্রিক অক্সাইডের অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া জল উপন্ন করে এবং কিউপ্রিক অক্সাইড কপারে বিজারিত (reduced) হয়। উৎপন্ন জলের ওজন এবং কিউপ্রিক অক্সাইডের ওজনের হ্রাস হইতে জলে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের পরিমাণ জানা যায়।

$$CuO + H_2 = Cu + H_2O.$$

পরীক্ষা (D)ঃ (ক) উল্ফ বোতলে জিঙ্ক ও সালফিউরিক অ্যাসিড হইতে উৎপন্ন হাইড্রোজেন গ্যাস কতকগুলি U-নলের মধ্য দিয়া অতিক্রম করানো হয়। এই সকল নলে পর পর লেড্ নাইট্রেট [$Pb(NO_3)_2$] দ্রবণ,



৭৫নং চিত্র—জলের ওজন-সংযুতি নির্ণয়ে ডুমার পরীক্ষা

সিলভার সালফেট (Ag_2SO_4) দ্রবণ, কঠিন কস্টিক পটাশ (KOH) ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড থাকে। হাইড্রোজেনের অশুদ্ধি ও আর্দ্রতা (moisture) এই সকল পদার্থ দ্বারা দূরীভূত হয়। এই বিশুদ্ধ ও শুষ্ক হাইড্রোজেন গ্যাস ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ($CaCl_2$) বা ফস্ফরাস পেন্টক্সাইড (P_2O_5)-পূর্ণ

U-নলের মধ্য দিয়া একটি কচের শুষ্ক বাল্‌বে প্রবেশ করে। কাচের বাল্‌ব পূর্ব হইতে ওজন করা থাকে। তৎপরে ইহাতে শুষ্ক কিউপ্রিক অক্সাইড রাখিয়া পুনরায় ওজন করা হয়। দুই ওজনের পার্থক্য = কিউপ্রিক অক্সাইডের ওজন। বাল্‌বের অপর প্রান্ত গলিত (fused) ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডপূর্ণ দুই তিনটি U-নলের সহিত যুক্ত হয়। ইহাদিগকেও পূর্ব হইতে ওজন করা থাকে। উৎপন্ন জল এই U-নলের ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড দ্বারা শোষিত হয়।

কিছুক্ষণ হাইড্রোজেন গ্যাস অতিক্রম করাইলে যন্ত্রের মধ্যের বায়ু বিতাড়িত হয়। তখন কাচ-বালবকে দীপ-শিখার দ্বারা তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হয়। হাইড্রোজেন কিউপ্রিক অক্সাইডের অক্সিজেনের সঙ্গে মিলিত হইয়া জল উৎপন্ন করে।

মনে কর, পরীক্ষার পূর্বে বাল্‌ব + কিউপ্রিক অক্সাইডের ওজন = x গ্রাম
" " " পরে " + " " " = y গ্রাম
∴ জল উৎপাদনে যে অক্সিজেন ব্যয়িত হইয়াছে তাহার ওজন
= $(x-y)$ গ্রাম

বাল্‌বের পরের U-নলের পূর্ববর্তী ওজন = m গ্রাম
" " U " পরবর্তী ওজন = n গ্রাম
∴ উৎপন্ন জলের ওজন = $(n-m)$ গ্রাম
∴ হাইড্রোজেনের ওজন = জলের ওজন − অক্সিজেনের ওজন
= $(n-m)-(x-y)$ গ্রাম,
কারণ জল = হাইড্রোজেন + অক্সিজেন
∴ $(n-m)$ গ্রাম জল = $(x-y)$ গ্রাম অক্সিজেন
+ $(n-m)-(x-y)$ গ্রাম হাইড্রোজেন।

গণনায় দেখা গিয়াছে যে, জলে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত = $1:7{\cdot}98$.

১০২ (ক)। জল যৌগিক পদার্থ : (i) জলের বিশ্লেষণ ও সংশ্লেষণ দ্বারা দেখানো হইয়াছে যে, জল অক্সিজেন ও হাইড্রোজেনের যৌগিক পদার্থ, (ii) জলের, হাইড্রোজেনের ও অক্সিজেনের ধর্ম সম্পূর্ণ বিভিন্ন, (ii) হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন হইতে জল উৎপাদনের সময় তাপ উদ্ভূত হয়, (iv) যে কোন জায়গার জলকে বিশুদ্ধ করিয়া বিশ্লিষ্ট করিলে দুই আয়তন হাইড্রোজেন ও এক আয়তন অক্সিজেন পাওয়া যায়।

সম্প্রতি ভারী জল (heavy water) আবিষ্কৃত হইয়াছে। ভারী হাইড্রোজেন সাধারণ হাইড্রোজেন অপেক্ষা দুইগুণ ভারী। ভারী হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের যৌগ হইল ভারী জল।

সংপৃক্তঃ দ্রবণ (Saturated Solution) ও দ্রাব্যতা (Solubility)

১০২ (খ)। দ্রবণের গুণ : দ্রবণ কাহাকে বলে তাহা পূর্বেই বর্ণিত হইয়াছে :—দ্রবণে নিম্নলিখিত গুণ বর্তমান থাকে।

(i) দ্রবণ সমসত্ব মিশ্রণ অর্থাৎ দ্রবণের সর্বত্র দ্রাব্যের (solute) কণা সমানভাবে ছড়াইয়া থাকে ; যথা, জলে চিনির দ্রবণ। এই দ্রবণের যে কোন অংশ সমান মিষ্ট লাগে। (ii) দ্রবণে দ্রাব্যের কণাগুলি এত সূক্ষ্ম হয় যে ইহাদিগকে খালি চোখে দেখা যায় না এবং পরিস্রাবণ প্রক্রিয়ায় ইহাদিগকে পৃথক করা যায় না। দ্রবণকে স্থিরভাবে রাখিয়া দিলে দ্রাব কখনও বিচ্ছিন্ন হয় না। এক ফোঁটা দ্রবণে যে অনুপাতে দ্রাবক ও দ্রাব পাওয়া যায়, 400 ঘন সেঃমিতে সেই অনুপাতে ইহারা বর্তমান থাকে। (iii) দ্রবণ হইতে দ্রাবক (solvent) বাষ্পীভূত করিলে দ্রাব ফিরিয়া পাওয়া যায়। অনেক সময় কেলাসন প্রক্রিয়ায় দ্রাবক পৃথক করা যায়। (iv) পাতন ক্রিয়া দ্বারা—দ্রাবক হইতে দ্রাবকে পাওয়া যায়। (v) দুই তরলের দ্রবণ হইতে আংশিক পাতন দ্বারা দুই তরলকে পৃথক করা যায়, যথা জলে কোহলের দ্রবণ। (vi) তরলে গ্যাসের দ্রবণ গরম করিলে গ্যাস পৃথক করা যায়, যথা জলে কারবন ডাই-অক্সাইডের দ্রবণ।

১০৩। সংপৃক্ত (Saturated), অসংপৃক্ত (Unsaturated) ও অতিপৃক্ত (Supersaturated) দ্রবণ : পরীক্ষা (E) : (ক) একটি বীকারে একটু সোরা (পটাসিয়াম নাইট্রেট-nitre) লও। 100 গ্রাম জল বীকারে ঢাল। থার্মমিটার দ্বারা জলের উষ্ণতা দেখ। সোরা দ্রবীভূত হয়। (খ) একটু একটু করিয়া সোরা জলে যোগ করিয়া যাইলে এমন একটি অবস্থা আসিবে যখন সোরা আর জলে দ্রবীভূত হইবে না। বেশী সোরা দিলেও বীকারের তলায় অমিশ্রিত কঠিন অবস্থায় পড়িয়া থাকিবে। এই অবস্থায় জলের সোরা গ্রহণ করিবার তৃষ্ণা মিটিয়া যায়, জল অধিক সোরা গ্রহণ করিতে পারে না। (গ) দ্রবণের উষ্ণতা 5°C বাড়াও। বীকারের তলায় অতিরিক্ত সোরা দ্রবীভূত হইবে। (ঘ) দ্রবণের উষ্ণতা আরো 5°C বাড়াও। জলে আরো সোরা দাও। ইহাও দ্রবীভূত হইবে। (ঙ) দ্রবণকে শীতল কর।

দ্রবণ হইতে খানিকটা সোরা কেলাসিত হইয়া বীকারের তলায় জমিবে। (চ) উষ্ণতা নির্দিষ্ট রাখিয়া বীকারে জলের পরিমাণ বাড়াও। আবার সোরার পরিমাণ বাড়াও। ইহাও দ্রবীভূত হইবে।

এই সকল পরীক্ষা হইতে দেখা যায় যে :—(১) একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতায় নির্দিষ্ট পরিমাণ দ্রাবক নির্দিষ্ট পরিমাণ দ্রাবকে দ্রবীভূত করিতে পারে। এইরূপ দ্রবণকে **সংপৃক্ত দ্রবণ** বলে, যেমন (খ) পরীক্ষায়। দ্রবণে নির্দিষ্ট পরিমাণের চেয়ে কম দ্রাব থাকিলে দ্রবণকে **অসংপৃক্ত দ্রবণ** বলে, যেমন (ক) পরীক্ষায়। স্বাভাবিক অবস্থায় সংপৃক্ত দ্রবণের মধ্যে অতিরিক্ত দ্রাব মিশ্রিত করা যায় না। কিন্তু দ্রবণে কোনও কারণে নির্দিষ্ট পরিমাণের বেশী দ্রাব থাকিলে দ্রবণকে **অতিপৃক্ত** দ্রবণ বলে। উষ্ণতা বাড়াইলে বা দ্রাবকের পরিমাণ বাড়াইলে সংপৃক্ততার মান অর্থাৎ দ্রবীভূত দ্রাবের পরিমাণ বাড়িয়া যায়।

সংপৃক্ত দ্রবণ উষ্ণ করিলে উচ্চতর উষ্ণতায় ইহা অসংপৃক্ত হয়। আবার সংপৃক্ত দ্রবণকে শীতল করিলে খানিকটা দ্রাব দ্রবণ হইতে বাহির হইয়া আসে। সুতরাং সংপৃক্ত দ্রবণের কথা উল্লেখ করিতে হইলে সঙ্গে সঙ্গে দ্রবণের উষ্ণতা ও দ্রাবকের পরিমাণ উল্লেখ করিতে হয়।

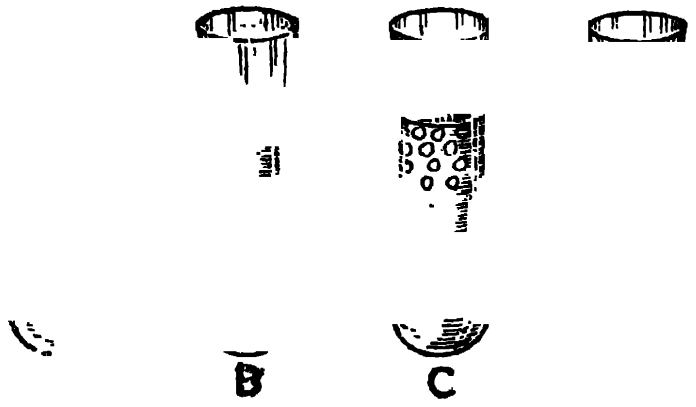
১০৪। **সংপৃক্ততার পরীক্ষা** (Test of Saturation): (ক) **পরীক্ষা** (E) : কোন দ্রাবের (solute) দ্রবণে এক টুকরা একটু দ্রাব যোগ কর। (ক) যদি টুকরাটি দ্রবীভূত না হয় অর্থ্যাং দ্রবণের গাঢ়তা একই থাকে তবে পূর্বের দ্রবণ সংপৃক্ত বুঝিবে। (খ) যদি টুকরাটি সম্পূর্ণ বা আংশিক দ্রবীভূত হয় অর্থাৎ দ্রবণের গাঢ়তা বাড়ে তবে পূর্ব দ্রবণ অসংপৃক্ত বুঝিবে। (গ) যদি টুকরাটি বড় অর্থাৎ দ্রবণের গাঢ়তা কমে তবে পূর্ব দ্রবণ অতিপৃক্ত বুঝিবে।

একটি ওজন-করা অমসৃণ মিছরির টুকরা সুতা দিয়া বাঁধিয়া সংপৃক্ত চিনির দ্রবণে ঝুলাইলে কিছুক্ষণ পরে দেখা যাইবে ইহা মসৃণ হইয়াছে কিন্তু ইহার ওজন বাড়ে নাই। কেন? সংপৃক্ত দ্রবণে মিছরির কিছুটা দ্রবীভূত হয় আবার ততটুকুই চিনি মিছরির গায়ে জমিয়া যায়। এইভাবে অমসৃণ টুকরা মসৃণ স্ফটিক হয় এবং মিছরির টুকরার ওজন একই থাকে।

উপরোক্ত পরীক্ষায় সংপৃক্ত দ্রবণে জল ঢালিলে দ্রবণ অসংপৃক্ত হয়। কিছু মিছরি জলে দ্রবীভূত হয় কিন্তু দ্রবণ হইতে চিনি মিছরিতে জমে না, মিছরির টুকরার ওজন কমে।

অতএব দেখা যায় অসংপৃক্ত দ্রবণে দ্রাবক ও দ্রাবের মধ্যে কোন সমতা সৃষ্ট হয় না কিন্তু সংপৃক্ত দ্রবণে দ্রাবক ও দ্রাবের মধ্যে সমতা সৃষ্ট হয়।

অতিপৃক্ত দ্রবণ প্রস্তুত : পরীক্ষা (E) : একটি বড় পরীক্ষা-নলে অনেকগুলি সোডিয়াম থাওসালফেটের (Sodium Thiosulphate বা হাইপো, Hypo $Na_2S_2O_3$, $5H_2O$) দানা বা কেলাস (crystal) রাখ। পরীক্ষা-নলকে ধীরে ধীরে গরম কর। দানা বা কেলাস কেলাস-জলে (water of crystallisation) গলিয়া যায়। এইরূপে হাইপো লবণের খুব গাঢ় দ্রবণ পাওয়া যায়! পরীক্ষা-নলের মুখে তুলা আঁটিয়া দাও। পরীক্ষানলের গায়ের উপর ধীরে ধীরে জল ঢালিয়া শীতল কর। শীতল হইলেও হাইপোর দানা পৃথক হয় না। এখন এই দ্রবণ **অতিপৃক্ত** দ্রবণ হইল। তুলা সরাইয়া একটি হাইপোর ছোট দানা ফ্লাস্কে ফেলিয়া দাও। এই ছোট দানাকে কেন্দ্র করিয়া ধীরে ধীরে সমস্ত দ্রবণ দানা বাঁধিবে। সঙ্গে সঙ্গে দ্রবণের উষ্ণতা বৃদ্ধি পাইবে।



৭৬নং চিত্র—A-অতিসংপৃক্ত দ্রবন, B-দ্রবণে দানা দেওয়া হইয়াছে Cতে দানা বাঁধিতেছে, Dতে সব দ্রবণ দানা বাঁধিয়াছে।

অতিপৃক্ত দ্রবণ খুব দুঃস্থিত (unstable) অবস্থায় থাকে। অতিপৃক্ত দ্রবণ সংরক্ষণ করিতে হইলে নিম্নলিখিত সর্ত থাকা প্রয়োজন :—(i) দ্রবণকে ধীরে ধীরে শীতল করিতে হয়। (ii) দ্রবণকে ধুলিমুক্ত রাখিতে হয়, নচেৎ ধূলিকণাকে কেন্দ্র করিয়া কেলাস বাহির হইয়া পড়ে। (iii) দ্রবণকে স্থির থাকিতে দিতে হয়। পাত্রের গা আঁচড়াইলে বা পাত্রকে নাড়া দিলে কেলাস বাহির হইয়া পড়ে।

১০৫। **দ্রাব্যতা** (Solubility) : **নির্দিষ্ট উষ্ণতায় 100 গ্রাম দ্রাবককে (যেমন জলকে) সংপৃক্ত দ্রবণে পরিণত করিতে প্রয়োজনীয় দ্রাবের** (যেমন লবণের) **গ্রামে ওজনকে দ্রাবের দ্রাব্যতা বলে।** "দ্রাব্যতার সংজ্ঞা" এইরূপ বলা যায়—নির্দিষ্ট উষ্ণতায় 100 গ্রাম দ্রাবক সর্বাধিক যে পরিমাণ দ্রাব দ্রবীভূত করিতে পারে গ্রামে প্রকাশিত সেই পরিমাণকে দ্রাবের দ্রাব্যতা বলে। 30°C উষ্ণতায় 100 গ্রাম জলে সর্বাধিক 50 গ্রাম কপার সালফেট বা তুঁতে দ্রবীভূত হয়। সুতরাং 30°C উষ্ণতায় তুঁতের দ্রাব্যতা = 50। "80°C উষ্ণতায় লবণের দ্রাব্যতা 38" ইহার অর্থ 80°C উষ্ণতায় 100 গ্রাম জল সর্বাধিক 38 গ্রাম লবণ দ্রবীভূত করে। মনে কর, t°C উষ্ণতায় m গ্রাম কঠিন M গ্রাম সংপৃক্ত দ্রবণে বর্তমান আছে।

$$\therefore \text{ দ্রাব্যতা } x = \frac{100 \times m}{M - m} \text{ গ্রাম।}$$

বিভিন্ন কঠিন পদার্থের দ্রাব্যতা বিভিন্ন রূপ। আবার দ্রাবক যদি বিভিন্ন হয় তবে কঠিনের দ্রাব্যতাও বিভিন্ন হইবে।

১০৬। **দ্রাব্যতা নির্ণয়** (Determination of Solubility):

পরীক্ষা (E) ঃ একটি বীকারে অনেকখানি সাধারণ লবণের গুঁড়া (common salt) ও অল্প পাতিত (distillel) জল লইয়া ভালরূপে নাড়িয়া যাও ; দেখিবে বীকারে যেন অদ্রবীভূত লবণ কিছু পড়িয়া থাকে। এইরূপে ঘরের উষ্ণতায় লবণের সংপৃক্ত দ্রবণ প্রস্তুত হইল। একটি পাতলা কাচের শুষ্ক পরিষ্কার খর্পর (basin) ওজন কর। শুষ্ক ফানেল ও শুষ্ক পরিস্রাবক কাগজ ব্যবহার করিয়া অল্প দ্রবণ পরিস্রুত করিয়া খর্পরে রাখ। দ্রবণশুদ্ধ খর্পর ওজন কর। খর্পরকে বালিখোলা (sand bath) বা জলগাহে (water bath) রাখিয়া দ্রবণকে ধীরে ধীরে শুষ্ক কর। জল বাষ্পীভূত হইবে। লবণ খর্পরে পড়িয়া থাকিবে। এখন লবণশুদ্ধ খর্পরকে বায়ু-চুল্লীতে (air oven) শুষ্ক কর। খর্পরকে শোষকাধারে শীতল কর। ঠাণ্ডা খর্পরকে ওজন কর। উত্তপ্ত ও ঠাণ্ডা করিয়া কয়েকবার ওজন কর যতক্ষণ না শেষ দুই ওজন সমান হয়।

গণনা ঃ মনে কর, খর্পরের ওজন = W গ্রাম, দ্রবণ (জল + লবণ) ও খর্পরের ওজন = W_1 গ্রাম, খর্পর ও শুষ্ক লবণের শেষ ওজন = W_2 গ্রাম।

∴ লবণের ওজন = $(W_2 - W)$ গ্রাম, জলের ওজন = $(W_1 - W_2)$ গ্রাম।

∴ $(W_1 - W_2)$ গ্রাম জল $(W_2 - W)$ গ্রাম লবণকে দ্রবীভূত করে।

∴ 100 গ্রাম জল $\frac{100 \times (W_2 - W)}{W_1 - W_2}$ গ্রাম লবণকে দ্রবীভূত করে।

∴ দ্রাব্যতা $x = \frac{100 \times (W_2 - W)}{W_1 - W_2}$ গ্রাম (পরীক্ষাগারের উষ্ণতায়)।

লবণের দ্রাব্যতা প্রায় 37 গ্রামের সমান।

এইরূপে সোরারও দ্রাব্যতা নির্ণয় করা যায়।

1. How much water at a particular temperature will be required to get a saturated solution with 120 gms. of a salt, its solubility at that temperature being 40 ?

40 গ্রাম লবণ দ্রবীভূত করিতে 100 গ্রাম জল লাগে।

∴ 120 গ্রাম লবণ দ্রবীভূত করিতে $\frac{120 \times 100}{40} = 300$ গ্রাম জল লাগিবে।

2. If 20 gms. of a saturated solution contain 2·5 gms of a salt at a particular temperature, calculate its solubility.

জলের ওজন $= 20 - 2{\cdot}5 = 17{\cdot}5$ গ্রাম।

∴ দ্রাব্যতা $= \frac{100 \times 2{\cdot}5}{17{\cdot}5} = 14{\cdot}29$ গ্রাম।

3. 25 gms. of water saturated with a salt at 50°C are cooled to 20°C. If the solubilities at 50°C and 20°C be 500 and 250 respectively, what is the weight of the salt deposited ?

50°C উষ্ণতায় 100 গ্রাম জলে 500 গ্রাম লবণ থাকে।

20°C „ „ „ „ 250 „ „ „

∴ 50°C হইতে 20°C শীতল হইলে 100 গ্রাম জল হইতে 250 গ্রাম লবণ পৃথক হয়। তবে 25 গ্রাম জল হইতে কতটা লবণ পৃথক হয় ?

∴ $100 : 25 :: 250 : x$

∴ $x = \frac{(25 \times 250)}{100} = 62{\cdot}5$ গ্রাম।

১০৭। ঘরের উষ্ণতার ঊর্ধ্ব ও নিম্ন উষ্ণতায় দ্রাব্যতা-নির্ণয় (Determination of the solubility of a substance at temperatures higher and lower than room temperature.):

পরীক্ষা (E) : বীকারে সোরার (potassium nitrate, KNO_3) ঠাণ্ডা সংপৃক্ত দ্রবণ প্রস্তুত কর। দ্রবণে থার্মমিটার এমনভাবে আটকাইয়া রাখ যাহাতে থার্মমিটারের কুণ্ড দ্রবণের মধ্যে ডুবিয়া থাকে। দ্রবণকে দীপ দিয়া গরম করিয়া যাও এবং দ্রবণে সোরা যোগ করিয়া যাও যতক্ষণ না থার্মমিটারে 100°C উষ্ণতা দেখা যায়। আরো সোরা দ্রবণে দাও এবং দণ্ড দিয়া ভালরূপে নাড় যতক্ষণ না কিছু সোরা অদ্রবীভূত থাকে। দীপ সরাইয়া লও। উষ্ণতা কমিতে থাকে। থার্মমিটারে যখন ঠিক 90°C উষ্ণতা দেখা যায় তখন পিপেট দ্বারা 10 ঘঃ সেঃ মিঃ দ্রবণ লইয়া একটি পূর্ব হইতে ওজন-করা ছোট কাচের খর্পরে রাখ। ইহাকে 1 নম্বর চিহ্নিত কর। এইরূপে যখন বীকারের দ্রবণ ঠিক 80°C, 70°C, 60°C, 50°C, 40°C, 30°C, 20°C উষ্ণতায় আসে ঠিক সেই সময় প্রত্যেকবার পিপেট দ্বারা 10 ঘঃ সেঃ মিঃ দ্রবণ লইয়া পৃথকভাবে ওজন-করা কাচের খর্পরে রাখ। ইহাদিগকে 2, 3, 4, 5, 6, 7 ও 8 নম্বর চিহ্নিত কর। এখন প্রত্যেক খর্পরকে পৃথকভাবে দ্রবণসমেত ওজন কর। ওজন পৃথকভাবে লিখিয়া রাখ। জল-গাহে রাখিয়া খর্পরকে সাবধানে গরম কর যাহাতে জল সম্পূর্ণরূপে উপিয়া যায়। তৎপরে খর্পরকে শোষকাধারে শীতল করিয়া ওজন কর। এইরূপে পর্যায়ক্রমে গরম, শীতল ও ওজন কর যতক্ষণ না পরপর দুইটি ওজন এক হয়। থার্মমিটারসুদ্ধ বীকারকে বরফজলে বা হিমমিশ্রে (freezing mixture) রাখিয়া ঘরের উষ্ণতার নিম্ন উষ্ণতায় 10°C অন্তর উপরোক্ত প্রকারে খর্পরে 10 ঘঃ সেঃ মিঃ দ্রবণ রাখিয়া ওজন কর। জলকে বাষ্পীভূত করিয়া পর্যায়ক্রমে গরম ও শীতল করিয়া খর্পরকে ওজন কর যতক্ষণ না পর পর দুইটি ওজন এক হয়।

106 নং অনুচ্ছেদের পদ্ধতিতে গণনা করিয়া বিভিন্ন উষ্ণতায় জলে সোরার দ্রাব্যতা নির্ণয় কর।

১০৭ (ক)। দ্রাব ও দ্রাবকের পৃথকীকরণ :

দ্রবণ হইতে দ্রাব ও দ্রাবণকে নিম্নলিখিত উপায়ে পৃথক করা যায় :—

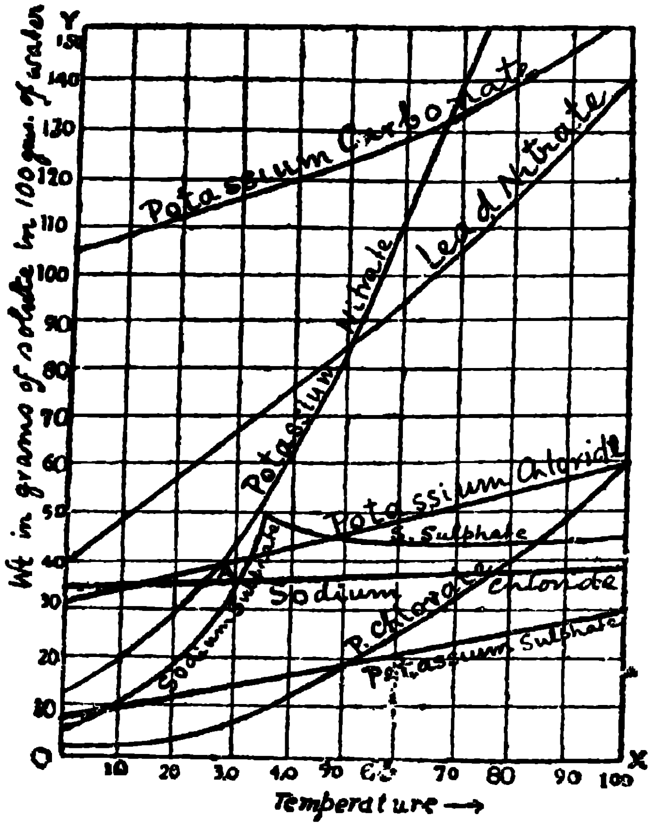
(১) **বাষ্পীকরণ** : দ্রবণকে বাষ্পীভূত করিলে দ্রাবক উপিয়া যায় এবং পাত্রে কঠিন দ্রাব পড়িয়া থাকে। এই পদ্ধতিতে দ্রাবক সংগ্রহ করা যায় না।

(২) **স্ফটিকীকরণ** : উচ্চ উষ্ণতায় সংপৃক্ত দ্রবণ প্রস্তুত করিয়া শীতল করিলে নিম্ন উষ্ণতায় দ্রাবের দ্রাব্যতা কমিয়া যায়। সুতরাং দ্রাব কেলাসের

আকারে দ্রবণ হইতে পৃথক হয়। এই পদ্ধতিতে দ্রাব দ্রাবক আংশিকভাবে পৃথক করা যায়।

(৩) **পাতন ঃ** এই উপায়ে দ্রাব ও দ্রাবক সম্পূর্ণরূপে পৃথক করা যায়। পাত্রে দ্রাব পড়িয়া থাকে। গ্রাহকে দ্রাবক জমে।

১০৮। দ্রাব্যতা-ছক (Solubility Curve) ঃ বিভিন্ন উষ্ণতায় কোন দ্রব্যের দ্রাব্যতা-ছক (graph) কাগজে দেখানো যায়। একটি ছক কাগজ লও। সমকোণে দুইটি সরল রেখা টান। ছকের অনুভূমিক রেখা OX (ভুজ-abscissa) উষ্ণতা এবং লম্ব রেখা OY (কোটি-ordinate) দ্রাব্যতা প্রকাশ করে। OX ও OY-এর প্রত্যেক ভাগ যথাক্রমে 10°C উষ্ণতা ও দ্রবণে 10 গ্রাম লবণ প্রকাশ করে। যে কোন উষ্ণতা হইতে লম্ব রেখা ও আনুষঙ্গিক দ্রাব্যতা হইতে অনুভূমিক রেখা টান। এই দুই রেখা একটি বিন্দুতে মিলিত হইবে। এইরূপে বিভিন্ন উষ্ণতায় অনেকগুলি বিভিন্ন বিন্দু পাওয়া যাইবে। এই বিন্দুগুলিকে যোগ করিলে একটি **দ্রাব্যতা-ছক** পাওয়া যাইবে।



৭৭নং চিত্রঃদ্রাব্যতা-ছক

মনে কর সোরার ক্ষেত্রে নিম্নলিখিত দ্রাব্যতা পাওয়া যায়। 0°C – 12, 5°C – 15, 10°C – 20, 20°C – 32, 30°C – 45, 50°C – 85.

0° হইতে লম্বরেখা ও 12 গ্রাম হইতে অনুভূমিক রেখা টান। দুই রেখার মিলন স্থানে বিন্দু বসাও। 5°C হইতে লম্বরেখা ও 15 গ্রাম হইতে অনুভূমিক রেখা টান। ইহাদের মিলন স্থানে বিন্দু বসাও। এইরূপে কতকগুলি প্রাপ্ত বিন্দু যোগ করিলে সোরার দ্রাব্যতা ছক পাওয়া যায়।

তরলে কঠিনের দ্রাব্যতা ঃ (ক) ছক হইতে দেখা যায় যে সোরার

(Potassium nitrate) দ্রাব্যতা উষ্ণতা-বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে খুব দ্রুত বাড়িতে থাকে। সেইজন্য ইহার ছকটি উপর দিকে উঠিয়া গিয়াছে। (খ) সাধারণ লবণের (Sodium chloride) দ্রাব্যতা উষ্ণতা-বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে খুব ধীরে ধীরে বাড়ে। সেইজন্য ইহার ছক প্রায় অনুভূমিক। কোন কোন লবণের দ্রাব্যতা-ছক ভগ্ন হয়, যেমন সোডিয়াম সালফেটের ছক 35°C উষ্ণতায় ভগ্ন দেখা যায় অর্থাৎ 35°C-এর উপরে উষ্ণতা উঠিলে দ্রাব্যতা কমিয়া যায়। সাধারণতঃ উষ্ণতা-বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে কঠিনের দ্রাব্যতা বাড়ে। অল্পসংখ্যক কঠিনের (যথা ক্যাল্‌সিয়াম নাইট্রেট ও ক্যাল্‌সিয়াম অক্সাইড) দ্রাব্যতা উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে কমে। কঠিনের দ্রাব্যতা দ্রাবকের ও দ্রাবের রাসায়নিক প্রকৃতির উপর নির্ভর করে, যথা—জল অপেক্ষা কোহলে আয়োডিনের দ্রাব্যতা বেশী। আবার জলে ক্যাল্‌সিয়াম ক্লোরাইডের দ্রাব্যতা বেশী। কঠিনকে গুঁড়া করিলে ইহা শীঘ্র শীঘ্র দ্রবীভূত হয়।

দ্রাব্যতা-ছকের উপকারিতা—ছক হইতে বিভিন্ন উষ্ণতায় দ্রাব্যতা, উষ্ণতা-পরিবর্তনের সঙ্গে সঙ্গে দ্রাব্যতার পরিবর্তন এবং একই উষ্ণতায় বিভিন্ন কঠিনের দ্রাব্যতার তুলনা করা যাইতে পারে। কয়েকটি কঠিনের মিশ্রিত দ্রবণ হইতে বাষ্পীভবনের সময় বা শীতল হইবার সময় কোনটি আগে দ্রবণ হইতে পৃথক হইবে তাহাও ছক হইতে জানা যায়। পটাসিয়াম ক্লোরেট ও পটাসিয়াম ক্লোরাইডের মিশ্রিত দ্রবণকে বাষ্পীভূত করিলে ক্লোরেট প্রথমে পৃথক হইবে, আবার ছক হইতে কোন লবণের সংপৃক্ত দ্রবণ শীতল করিলে শেষ উষ্ণতায় কতটা লবণ পৃথক হইবে তাহাও জানা যায়।

১০৯। **তরলে তরলের দ্রাব্যতা:** (ক) কতকগুলি তরল যে কোন অনুপাতে দ্রবীভূত হয় যথা—কোহল ও জল, গ্লিসারিন ও জল। ইহাদিগকে **মিশ্রণীয় (miscible)** তরল বলে। ইহাদিগকে আংশিক পাতন (fractional distillation) দ্বারা পৃথক করা যায়। (খ) কতকগুলি তরলের দ্রাব্যতা সীমাবদ্ধ হয়, যথা—ঈথার ও জল। জলে বেশী ঈথার ঢালিলে মিশ্রণ দুইটি স্তরে বিভক্ত হয়। ইহাদিগকে পৃথকীকরণ বা বিয়োজী (separating) ফানেল দ্বারা পৃথক করা যায়। (গ) পারদ ও তেল জলে অদ্রাব্য। ইহাদিগকে পৃথকীকরণ ফানেল দ্বারা পৃথক করা যায়।

১১০। **তরলে গ্যাসের দ্রাব্যতা:** জলে অনেক গ্যাস যথা বায়ু, CO_2, SO_2, SO_3, NH_3, H_2S, প্রভৃতি দ্রবীভূত হয়। জলে দ্রবীভূত

বায়ু হইতে অক্সিজেন গ্রহণ করিয়া জলচর উদ্ভিদ ও প্রাণী বাঁচিয়া থাকে। জলে দ্রবীভূত CO_2 হইতে কারবন গ্রহণ করিয়া জলচর উদ্ভিদ বাঁচিয়া থাকে। তরলে গ্যাসের দ্রাব্যতা তরল ও গ্যাসের প্রকৃতি, তাপ ও চাপের উপর নির্ভর করে। তরলের উষ্ণতা-বৃদ্ধি পাইলে গ্যাসের দ্রাব্যতা কমে। গ্যাসের এই গুণ কঠিন পদার্থের গুণের বিপরীত।

পরীক্ষা ঃ (১) একটি বীকারে অনেকটা জল লও। ইহার ভিতর একটা ফানেল উপুড় করিয়া রাখ যাহাতে ইহার দণ্ড (stem) জলের ভিতর থাকে। ফানেলের দণ্ডের উপর জলপূর্ণ পরীক্ষা-নল উপুড় করিয়া রাখ। এইবার বীকারকে তারজালির উপর রাখিয়া গরম কর। পরীক্ষানলে বায়ু জমে। বায়ু কোথা থেকে এল? জলের মধ্যে দ্রবীভূত বায়ু বুদ্‌বুদের আকারে বাহির হয়। কারণ উষ্ণতা-বৃদ্ধির সঙ্গে বায়ুর দ্রাব্যতা কমিয়া যায়। অতিরিক্ত বায়ু বাহির হয়।

(২) একটি বোতলে জল ভরিয়া বোতলকে বরফের মধ্যে রাখিলে জল শীতল হয়। এই জলে অ্যামোনিয়া গ্যাস দ্রবীভূত কর। বোতলের মুখ ছিপি বন্ধ করিয়া বরফ হইতে তুলিয়া রাখিয়া দাও। জল ঘরের উষ্ণতায় আসিলে ছিপি সশব্দে ছিটকাইয়া যায়, কারণ বোতলটি গরম হওয়ায় অ্যামোনিয়ার দ্রাব্যতা কমে এবং অ্যামোনিয়া গ্যাস বাহির হয়। গ্যাসের চাপে ছিপি খুলিয়া যায়।

আবার গ্যাসের চাপ-বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে দ্রাব্যতা বাড়ে। সোডাওয়াটার বোতলে অধিক চাপে জলে কারবন ডাই-অক্সাইড গ্যাস দ্রবীভূত থাকে। বোতলের মুখ খুলিলে চাপ হ্রাস হয়, দ্রাব্যতা কমে। সুতরাং অতিরিক্ত গ্যাস বুদ্‌বুদের আকারে বাহির হয়।

১১১। (ক) দ্রাবের উপস্থিতিতে দ্রাবকের হিমাঙ্কের হ্রাস :

(Depression of freezing point of a solvent by the presence of a solute dissolved in it) : জলের হিমাঙ্ক 0°C, কিন্তু জলে কোন দ্রব্য কঠিন, তরল বা গ্যাসীয় অবস্থায় দ্রবীভূত থাকিলে জলের হিমাঙ্ক আর 0°C থাকে না, তাহা অপেক্ষা নিম্ন উষ্ণতায়, যথা,—$-0{\cdot}1°C$, বা,—$-0{\cdot}2°C$, (যাহা দ্রাবের পরিমাণের উপর নির্ভর করে) জল কঠিন বরফে পরিবর্তিত হয়। অর্থাৎ 0°C উষ্ণতায় জলীয় দ্রবণ তরলই থাকে। এই কারণে বরফে লবণ যোগ করিলে বরফের গলনাঙ্ক 0°C হইতে নিম্নে নামিয়া যায়। ঠাণ্ডা দেশে

রাস্তায় বরফ জমিলে তাহাতে লবণ ছিটাইয়া বরফ গলাইয়া দেওয়া হয়। কারণ বরফের সঙ্গে লবণ মিশাইলে জলের হিমাঙ্ক নামিয়া যায়। সুতরাং বরফ গলে। বরফ ও লবণ মিশাইয়া সর্বনিম্ন উষ্ণতা যাহা পাওয়া যায় তাহা—23°C। ইহাকে **হিম-মিশ্র** (Freezing mixture) বলে। অন্য সকল দ্রাবকেরও হিমাঙ্ক দ্রাবের উপস্থিতিতে কমের দিকে যায়। দুধের সঙ্গে চিনি মিশাইয়া এই মিশ্রণকে হিম-মিশ্র দ্বারা ঢাকিয়া রাখিলে দুধ জমিয়া আইস-ক্রীমে পরিণত হয়।

মোটর গাড়িতে সিলিণ্ডারকে শীতল করিতে জল দরকার হয়। শীতপ্রধান দেশে যাহাতে এই জল জমিয়া বরফ না হয় সেই উদ্দেশ্যে জলের সঙ্গে কোহল, গ্লিসারিন মিশ্রিত করা হয়। বরফের গুঁড়ার সঙ্গে লবণ মিশ্রিত করিয়া 0°C-এর নীচে শৈত্য উৎপাদন করা হয়।

(খ) **দ্রাবের উপস্থিতিতে দ্রাবকের স্ফুটনাঙ্কের বৃদ্ধি (Elevation of boiling point of a solvent by the presence of a solute dissolved in it)** ঃ বিশুদ্ধ জলের স্ফুটনাঙ্ক 760 মিঃ মিঃ চাপে (প্রমাণ চাপে) 100°C, কিন্তু যখন কোন পদার্থ—কঠিন, তরল বা গ্যাসীয় জলে দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে, তখন জলের স্ফুটনাঙ্ক 100°C-এর উপরে উঠিয়া যায়। ইহা নিম্নলিখিত পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ করা যায়।

পরীক্ষা ঃ একটি পার্শ্বনলযুক্ত পাতন-ফ্লাস্কে কিছু দুইবারে পাতিত জল (twice distilled water) লও। পাতন-ফ্লাস্কের মুখে একটি থার্মোমিটারযুক্ত ছিপি এমনভাবে লাগাও যাহাতে থার্মোমিটারের কুণ্ড (bulb) জলের একটু উপরে থাকে। জলে দুই-চারি টুকরা পিউমিস পাথর (pumice stone) ফেলিয়া দাও যাহাতে জল সহজভাবে ফোটে। পাতন ফ্লাস্কের পার্শ্ব-নল একটি ছোট ফ্লাস্কের ভিতর রাখ। ছোট ফ্লাস্কটি ঠাণ্ডা জলে ভাসাইয়া রাখ এবং ইহার উপর ঠাণ্ডা জলে ভিজানো কাপড় দিয়া রাখ। পাতন-ফ্লাস্কটি তার-জালির উপর বসাইয়া বুনসেন দীপ দ্বারা উত্তপ্ত কর। দেখিবে যে, জল যখন ফুটিতে আরম্ভ করে তখন থার্মোমিটারে প্রমাণ চাপে 100°C পর্যন্ত উষ্ণতা উঠিয়াছে। তাহার পর বুনসেন দীপ সরাইয়া পাতন-ফ্লাস্কের মুখের ছিপি খুলিয়া কিছুটা পরিমাণ চিনি জলের ভিতর ফেলিয়া দাও। চিনি দ্রবীভূত হইবে। পুনরায়-পাতন ফ্লাস্কের মুখে থার্মোমিটারসহ ছিপি এরূপভাবে লাগাও যেন থার্মোমিটারের কুণ্ড দ্রবণের একটু উপর থাকে। পুনরায় বুনসেন দীপ

দ্বারা দ্রবণটি উত্তপ্ত কর। দেখিবে যে যখন দ্রবণটি ফুটিতে আরম্ভ করে তখন থার্মোমিটারে উষ্ণতা 100°C-এর উপর উঠিয়া গিয়াছে। চিনির ও অন্য দ্রাবের পরিমাণের উপর দ্রবণের স্ফুটনাঙ্ক নির্ভর করে। যত বেশী পরিমাণ দ্রাব যোগ করা হয় স্ফুটনাঙ্কও তত বৃদ্ধি পায়। জল ছাড়া অন্য দ্রাবকের স্ফুটনাঙ্কও দ্রাবের উপস্থিতিতে বৃদ্ধি পায়।

১১২। কেলাস জল (Water of crystallisation):

পরীক্ষা: (১) কতকগুলি তুঁতের (কপার সালফেট $CuSO_4, 5H_2O$) দানা একটি পরীক্ষা-নলে লও। দেখ, তুঁতের বর্ণ গাঢ় নীল। পরীক্ষা-নল ধীরে ধীরে উত্তপ্ত কর। দানা হইতে জলীয় বাষ্প বহির্গত হইয়া পরীক্ষা-নলের শীতল অংশে ঘনীভূত হইয়া জলবিন্দুতে পরিণত হয়।

(২) নীল দানা তখন সাদা গুঁড়ায় পরিণত হয় এবং ইহার কোন আকার থাকে না।

(৩) পরীক্ষা-নলে সোডিয়াম ক্লোরাইড বা পটাসিয়াম নাইট্রেট লইয়া উত্তপ্ত কর। এই সকল লবণ হইতে কোন জল বা জলীয় বাষ্প নির্গত হয় না।

এই সকল পরীক্ষা হইতে বুঝা যায় যে, কতকগুলি কঠিন জলীয় দ্রবণ হইতে কেলাসনের সময় এক বা ততোধিক জলের অণুর সহিত রাসায়নিকভাবে যুক্ত হয়। কেলাসের গঠনের এই জলকে **কেলাস-জল** বলে। জলের অণুর সংখ্যা প্রত্যেক কেলাসে নির্দিষ্ট থাকে। এই জলের অণুর উপর কেলাসের আকার নির্ভর করে। জলকে তাপ দিয়া বাষ্পীভূত করিলে কেলাসের আকার নষ্ট হইয়া গুঁড়া হইয়া যায়। কেলাস-জল-যুক্ত কেলাসকে crystallo-hydrate বা সোদক (hydrated) লবণ বলে। মনে রাখিবে, কেলাস মাত্রেরই কেলাস-জল থাকে না। তুঁতে বা কপার সালফেট, ফটকিরি (alum), সোহাগা (borax) প্রভৃতি লবণের কেলাস-জল আছে। সোডিয়াম ক্লোরাইড, পটাসিয়াম নাইট্রেট প্রভৃতি লবণের কেলাসে কোন কেলাস-জল থাকে না। ইহাদিগকে **অনার্দ্র** (anhydrous বা dehydrated) লবণ বলে। সোদক লবণকে উত্তপ্ত করিলে কেলাস-জল উপিয়া যায়, লবণ তখন অনার্দ্র হয়, যথা সাদা কপার সালফেট।

কতকগুলি লবণের বর্ণ কেলাস-জলের উপর নির্ভর করে। তুঁতেতে ($CuSO_4, 5H_2O$) পাঁচটি কেলাস-জলের অণু থাকে। 100°C উষ্ণতায়

তুঁতের চারিটি কেলাস-জলের অণু বাষ্প হইয়া উপিয়া যায় এবং অবশিষ্ট কেলাসের বর্ণ সাদা হয়। 230°C উষ্ণতায় জলের বাকি অণু উপিয়া যায়। অনেকে এই শেষ কেলাস-জলের অণুকে water of constitution বলেন।

১১২ (ক) **কেলাস-জল নির্ণয়ঃ নীতিঃ** ওজন-করা কেলাস জলযুক্ত লবণকে উপযুক্ত উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে কেলাস-জল বাষ্পীভূত হয়। দুই ওজনের পার্থক্য হইতে কেলাস-জলের পরিমাণ পাওয়া যায়।

বেরিয়াম বা ক্যাল্‌সিয়াম ক্লোরাইডের কেলাস জলঃ পরীক্ষা (D): A ঢাক্‌না সমেত একটি পরিষ্কার পোর্স্‌লেন মুচি Pকে (৪৫নং চিত্র) কয়েকবার মুষাধার (clay pipe triangle) Cতে রাখিয়া খুব উত্তপ্ত করিয়া শোষকাধারে শীতল করিয়া ওজন কর যতক্ষণ না শেষ দুই ওজন সমান হয়। মুচিতে (1 বা 2 গ্রাম) গুঁড়া ও বিশুদ্ধ কেলাসিত বেরিয়াম ক্লোরাইড ($BaCl_2$) রাখ। পুনরায় মুচিকে ওজন কর। পনর মিনিট মুচিকে দ্রব্যসহ সাবধানে গরম কর। এই সময় বাষ্প বাহির হইবার জন্য মুচির ঢাক্‌না একটু খুলিয়া রাখ। মুচিকে শোষকাধারে শীতল করিয়া ওজন কর। এইরূপে কয়েকবার ওজন কর যতক্ষণ না শেষ দুই ওজন সমান হয়।

গণনাঃ মনে কর মুচি ও ঢাক্‌নার ওজন = W গ্রাম।

মুচির + ঢাকনার + কেলাসিত লবণের ওজন = W_1 গ্রাম

মুচির + ঢাক্‌নার + অনার্দ্র লবণের ওজন = W_2 গ্রাম

∴ কেলাসিত লবণের ওজন = $(W_1 - W)$ গ্রাম

∴ কেলাস-জলের ওজন = $(W_1 - W_2)$ গ্রাম

∴ 100 গ্রাম লবণে $\frac{100 \times (W_1 - W_2)}{(W_1 - W)}$ গ্রাম কেলাস-জল থাকে।

(খ) **কপার সালফেট** (**Blue Vitriol**): কতকগুলি লবণকে যথা—কপার সালফেটকে সাক্ষাৎভাবে শিখা দ্বারা উত্তপ্ত করিলে বিশ্লিষ্ট হয়। সেইজন্য ইহাদিগকে বায়ু-চুল্লীতে উত্তপ্ত করিতে হয়।

পরীক্ষাঃ এক জোড়া পরিষ্কার ঘড়ির কাচ (watch glass) ক্লিপ দ্বারা জোরে আটকাইয়া ওজন কর। তুঁতের কেলাসের শুষ্ক ও বিশুদ্ধ গুঁড়া নীচের কাচে রাখিয়া উপরের কাচ ঢাকা দাও। ক্লিপ-আটা সমস্তটা জোড়া কাচ ওজন করিয়া বায়ু-চুল্লীতে রাখ। উপরের কাচ একটু সরাও। বায়ু-চুল্লী গরম কর যাহাতে উষ্ণতা 230°C পর্যন্ত বাড়ে। দেড় ঘণ্টা পরে লবণ অনার্দ্র ও

সাদা হয়। তখন ক্লিপসুদ্ধ কাচকে শোষকাধারে শীতল করিয়া ওজন কর। কয়েকবার উত্তপ্ত ও শীতল করিয়া কাচকে ওজন কর যতক্ষণ না শেষ দুই ওজন সমান হয়।

গণনা ঃ মনে কর, কাচের ও ক্লিপের ওজন $= W_1$ গ্রাম
কাচের + ক্লিপের + লবণের ওজন $= W_2$ গ্রাম
কাচের + ক্লিপের + অনার্দ্র লবণের ওজন $= W_3$ গ্রাম
$\therefore$ কেলাসিত লবণের ওজন $= (W_2 - W_1)$ গ্রাম
$\therefore$ কেলাস-জলের ওজন $= (W_2 - W_3)$ গ্রাম
$\therefore (W_2 - W_1)$ গ্রাম কেলাসিত লবণে $(W_2 - W_3)$ গ্রাম কেলাস-জল থাকে।

$\therefore$ 100 গ্রাম লবণে $\dfrac{100 \times (W_2 - W_3)}{W_2 - W_1}$ গ্রাম কেলাস-জল থাকে।

১১৩। **উদ্‌ত্যাগ** (**Efflorescence**) ঃ কেলাস-জলযুক্ত কতকগুলি কেলাসকে সাধারণ উষ্ণতায় বায়ুতে রাখিলে ইহারা স্বতঃই কেলাস-জল ত্যাগ করিয়া গুঁড়ায় পরিণত হয়। এই ঘটনাকে **উদ্‌ত্যাগ** (উদ্ = জল) বলে। এইরূপ পদার্থকে **উদ্‌ত্যাগী** (**Efflorescent**) বলে। যখন কেলাস-জলের বাষ্পীয় চাপ বায়ুতে জলীয় বাষ্পের চাপের চেয়ে বেশী হয় তখনই সোদক কেলাস কেলাস-জল ত্যাগ করে। সোডিয়াম কারবনেটে (কাপড় কাচিবার সোডা) দশটি জলের অণু থাকে ($Na_2CO_3,10H_2O$)। ইহাকে বায়ুতে রাখিলে নয়টি জলের অণু বাষ্প হইয়া উপিয়া যায়।

১১৪। **উদ্‌গ্রহ** (**Deliquescence**) : কতকগুলি কঠিনকে বায়ুতে রাখিলে ইহারা বায়ুর জলীয় বাষ্প শোষণ করে এবং শোষিত জলে দ্রবীভূত হয়। এই ঘটনাকে **উদ্‌গ্রহ** বলে। এই সকল দ্রব্যকে **উদ্‌গ্রাহী** (**Deliquescent**) বলে ; যথা ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড, কস্টিক সোডা। যে সকল দ্রব্য (কঠিন, তরল বা গ্যাস) জলীয় বাষ্প শোষণ করে তাহাদিগকে **জলাকর্ষী** (**Hygroscopic**) বলে ; যথা চুন, $CaCl_2$, H_2SO_4। জলাকর্ষী দ্রব্য জলীয় বাষ্প শোষণ করিয়া তরলে পরিণত হয়।

১১৫। **তরলের ব্যাপন** (**Diffusion**) : (i) একটি দীর্ঘ পাত্রে গ্লিসারিন রাখিয়া আস্তে আস্তে জল ঢাল। গ্লিসারিন জল অপেক্ষা ভারী পদার্থ হইলেও গ্লিসারিন উপরে উঠিয়া সমস্ত জলময় ব্যাপ্ত হয়।

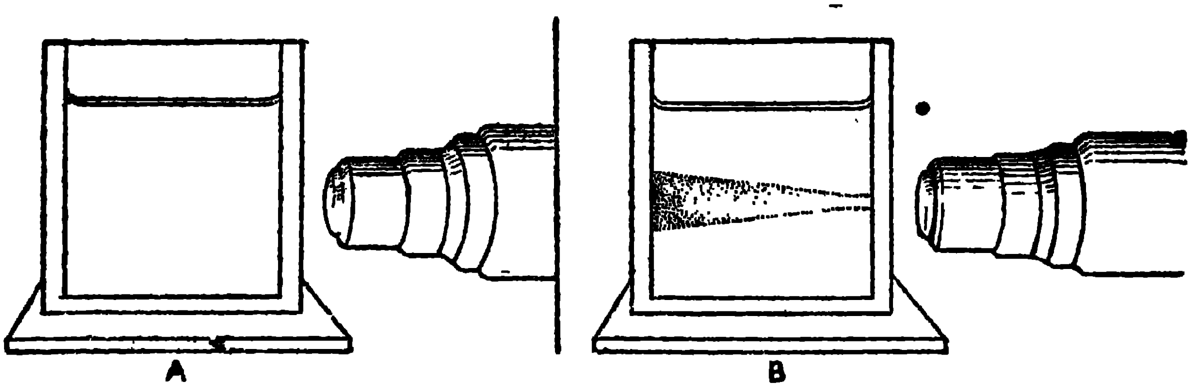
(ii) একটি পাত্রে পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট কেলাস লও। ইহাতে ধীরে ধীরে জল ঢাল। কিছুক্ষণ পরে সমস্ত জল লালবর্ণ হয়।

উভয় ক্ষেত্রেই দ্রাবের অণুগুলি পরস্পর মিশিয়া যায়। ইহাকে **ব্যাপন** বলে।

১১৬। কলয়েড বা অবক্রব (Colloid) ও স্ফটিক (Crystalloid) : বৈজ্ঞানিক গ্রাহাম (Graham) একটি বেলজারের এক মুখ পার্চমেণ্ট কাগজ দিয়া বাঁধিয়া সেই মুখকে অপর এক জলপূর্ণ পাত্রে আংশিক ডুবাইয়া রাখেন। বেলজারের মধ্যে এক একবার অনিয়তাকার (amorphous বা non-crystalline) পদার্থের যথা—শিরিষ (glue), আঠা (gum), অ্যালবুমেন (albumen —ডিমের সাদা অংশ), শ্বেতসার (starch) প্রভৃতির জলীয় দ্রবণ এবং স্ফটিকের (crystalline যথা NaCl, HCl, K_2SO_4) জলীয় দ্রবণ রাখেন। তিনি দেখেন যে পার্চমেণ্ট কাগজের মধ্য দিয়া অনিয়তাকার দ্রব্যের যৎসামান্য দ্রবণ অতি ধীরে ধীরে অতিক্রম করে, কিন্তু স্ফটিকের দ্রবণ অতি দ্রুত অতিক্রম করে। গ্রাহাম প্রথমোক্ত শ্রেণীর দ্রব্যকে **কলেয়ড (colloid, Koll = glue)** নাম ও দ্বিতীয় শ্রেণীর দ্রব্যকে **স্ফটিক** (**crystalloid**) নাম দেন। গ্রাহাম জলের মত কলয়েড দ্রবকে 'Sol' নাম দেন এবং জেলির মত আঠাল কলয়েড দ্রবকে 'Gel' নাম দেন।

১১৭। কলয়েড দ্রবণ ও প্রকৃত দ্রবণ (Colloidal Solution and True Solution) : আমরা দ্রাবক ও দ্রাব্যের সমসত্ত্ব মিশ্রণকে প্রকৃত দ্রবণ বলি। চিনি বা লবণ জলে দ্রবীভূত হইলে চিনির বা লবণের অণুর সহিত জলের অণুর রাসায়নিক সংযোগ ঘটে না। কিন্তু জলে চিনির বা লবণের কণা (particles) ভাঙিয়া ক্ষুদ্রতর অদৃশ্য আকারে আসে এবং ওতপ্রোতভাবে ও সমানভাবে সমস্ত জলের সহিত মিশিয়া যায়। জলের সারা দেহে চিনির বা লবণের কণাগুলি সমানভাবে ছড়াইয়া থাকে। সেইজন্য দ্রবণ সমসত্ত্ব (homogeneous) হয়। এইরূপ মিশ্রণে দ্রাবক ও দ্রাবের প্রভেদ বোঝা যায় না। এই কণাগুলির ব্যাস 10^{-8} সেন্টিমিটার বা অনুরূপ মাত্রার। চিনি, লবণ প্রভৃতি যখন জলে দ্রবীভূত হয় তখন ইহাদের যে সকল কণা জলের সহিত মিশিয়া থাকে তাহাদের ব্যাসের পরিমাণ মোটামুটি 10^{-8} সেঃ মিঃ বা ইহার গুণিতক হয়। যখন কোন দ্রব্য কোন দ্রাবকের সহিত মিশ্রণের ফলে ভাঙিয়া 10^{-8} সেঃ মিঃ ব্যাসের কণায় পরিণত হয় তখন ইহা দ্রাবকে

দ্রবীভূত হইয়াছে বলা হয়, যথা জলে লবণের দ্রবণ। কণাগুলি এত ক্ষুদ্র যে শক্তিশালী অণুবীক্ষণের সাহায্যেও দেখা যায় না।



৭৮নং চিত্র—আলট্রা মাইক্রোস্কোপ। টিণ্ডালের পরীক্ষা—A-চিনির দ্রবণের কণা দেখা যায় না। B-কলয়েডের কণা দেখা যায়।

কোন অদ্রাব্য পদার্থ, যথা বালি, কোন দ্রাবকের সহিত মিশ্রিত করিলে সাধারণতঃ ইহা থিতাইয়া পাত্রের তলায় জমে। কিন্তু যদি অদ্রাব্য পদার্থটি (যথা আঠা) খুব ছোট ছোট কণার আকারে (যাহাদের ব্যাস মোটামুটি 10^{-5} হইতে 10^{-7} সেঃ মিঃ) থাকে তবে কণাগুলি থিতায় না, দ্রাবকের মধ্যে ইতস্ততঃ সঞ্চরণ করে ও প্রলম্বিত অবস্থায় (in suspension) থাকে। ইহাদিগকে কেবল Ultramicroscope নামক বিশেষ শক্তিশালী অণুবীক্ষণের সাহায্যে দেখা যায়। যখন কোন দ্রাবকে অপর কোন পদার্থের সূক্ষ্ম কণা এইরূপ প্রলম্বিত অবস্থায় থাকে অথচ দ্রবীভূত হয় না তখন মিশ্রণকে **কলয়েড** বলে।

কলয়েডের কণা অপেক্ষা ক্ষুদ্রতর কণা হইল অণু, অণু অপেক্ষা ক্ষুদ্রতর কণা হইল পরমাণু, পরমাণু অপেক্ষা ক্ষুদ্রতর কণা হইল ইলেক্‌ট্রোন। ইহাদিগের বিষয় পরে পাঠ করিবে।

কলয়েডের কণাগুলি খালি চোখে দেখা না যাইলেও কলয়েডের দ্রবণকে ultramicroscope-এর শক্তিশালী আলোর পথে রাখিলে কণাগুলি দেখা যায়। প্রকৃত দ্রবণকে আলোর পথে রাখিলে কোনও কণা দেখা যায় না। এই পরীক্ষাকে **টিণ্ডালের পরীক্ষা** (Tyndall's Test) বলে। ঘরে বায়ুর ধূলিকণা দেখা যায় না, কিন্তু ঘরকে অন্ধকার করিয়া মাত্র জানালা ঈষৎ খুলিয়া রাখিলে আলোক-রশ্মির পথে ধূলিকণা দেখা যায়। ধূলিকণার পৃষ্ঠ হইতে আলোক-রশ্মির বিচ্ছুরিত (scatter) হয় বলিয়া এইরূপ আলোক রশ্মি

দেখা যায়। সেইরূপ কলয়েডের কণার পৃষ্ঠ হইতে আলোক রশ্মি বিচ্ছুরিত হয় বলিয়া ইহাদিগকে দেখা যায়।

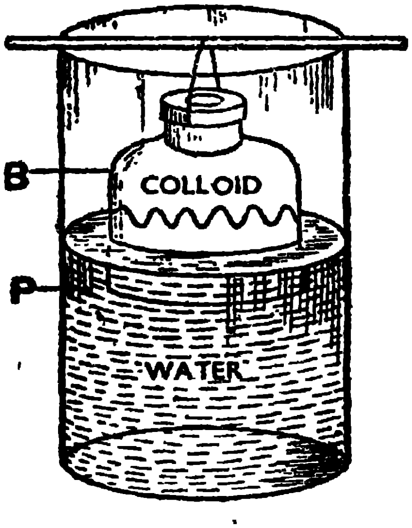
Ultramicroscope-এর মধ্য দিয়া দেখিলে কলয়েডের কণাগুলিকে অন্তহীনভাবে ইতস্তত: সঞ্চরণ করিতে দেখা যায়। ইহাকে Brownian গতি (movement) বলে।

কলয়েডের সাধারণ দৃষ্টান্ত ঃ কলয়েডগুলি সাধারণত: চট্‌চটে (sticky) থক্‌থকে (jelly like) বা হড়হড়ে হয়। নদীর ঘোলা জলে ভাসমান কাদামাটি, বায়ুতে ভাসমান ধূলিকণা কলয়েড অবস্থা। এক চামচ জিলাটিন, শিরিষ, বার্লি, শ্বেতসার (starch), আঠা, ডিমের সাদা অংশ পৃথকভাবে বীকারে লইয়া অল্প অল্প করিয়া জল দিয়া প্রায় এক বীকার জলে ফুটাইলে এই সকল দ্রব্যের কলয়েডের **সল** অবস্থা পাওয়া যায়। ইহারা শীতল হইলে জল শোষণ করিয়া কতকটা জেলির মত থক্‌থকে অবস্থায় আসে। ইহারা হইল কলয়েডের **জেল** অবস্থা। আবার অল্প জলে এই সকল দ্রব্য গরম করিলে থক্‌থকে জেলির মত অবস্থায় আসে। আবার জেলকে অধিক জল দিয়া গরম করিলে 'সল' পাওয়া যায়। 'জেল' হইল কলয়েডের ঘনীভূত রূপ। একটি তরলে অন্য তরলের প্রলম্বিত সূক্ষ্ম অবস্থাও কলয়েড। ইহার বিশেষ নাম Emulsion (অপদ্রব)। দুধে স্নেহজাতীয় (fats) পদার্থের প্রলম্বন কলয়েডের দৃষ্টান্ত। কুলপী বরফ দুধ ও বরফ কণার কলয়েড। জল ও সরিষার তৈল ঝাঁকাইলে একটি ঘোলাটে মিশ্রণ হয়। ইহা কলয়েড অবস্থা। ভাতের ফেন গরম অবস্থায় পাতলা থাকে। ইহা শ্বেতসারের কলয়েডের 'সল' অবস্থা। ফেন শীতল হইলে থক্‌থকে হয়। ইহা শ্বেতসারের 'জেল' অবস্থা।

কলয়েড কোন বিশিষ্ট পদার্থ নয়। ইহা পদার্থের অবস্থামাত্র, যেমন তরল জল, কঠিন বরফ ও জলীয় বাষ্প একই পদার্থ H_2Oর বিভিন্ন অবস্থা। সোডিয়াম ক্লোরাইডের স্ফটিককে পেট্রোল বা ঈথারে দ্রবীভূত করিলে কলয়েড অবস্থায় আনা যায়। আবার অনেক কলয়েডকে কেলাসিত করা যায়, যথা ডিমের সাদা অংশ। কাসুন্দি জলে পরিব্যাপ্ত তৈলাক্ত পদার্থ, গঁদের আঠা জলে পরিব্যাপ্ত আঠার কণা, সাবানজল জলে পরিব্যাপ্ত সাবানের কণা, ধোঁয়া বায়ুতে পরিব্যাপ্ত কয়লার কণা, কুয়াশা বায়ুতে পরিব্যাপ্ত জলকণা—ইহারা সকলেই কলয়েডের দৃষ্টান্ত। অনেক সময় কলয়েড দ্রবণের সংস্পর্শে লবণ মিশ্রিত হইলে কলয়েডের কণা বড় কণায় পরিণত

হইয়া অধঃক্ষিপ্ত হয়। নদীর কাদাগোলা জল সমুদ্রের লবণের সংস্পর্শে আসিলে কাদার কণা পৃথক হইয়া মোহানায় ব-দ্বীপ সৃষ্টি করে।

১১৮। **ঝিল্লী-বিশ্লেষণ (Dialysis) :** পার্চমেণ্ট কাগজ, প্রাণিদেহের ব্লাডার, অর্ধপ্রবেশ্য ঝিল্লী (semipermeable membrane) বা কলডিয়নের (collodion) পর্দা প্রভৃতির সাহায্যে ক্ষটিক ও কলয়েডের পৃথকীকরণকে **ঝিল্লী-বিশ্লেষণ** বলে। ঝিল্লীর ছিদ্রের মধ্য দিয়া স্ফটিকের ছোট আকারের অণু ও আয়নগুলি অতিক্রম করে কিন্তু কলয়েডের কণাগুলি অতিক্রম করে না। ঝিল্লী-বিশ্লেষক (dialyser) বহু রকমের হইতে পারে।



৭৯নং চিত্র—ঝিল্লী-বিশ্লেষক

পরীক্ষা : (১) একটি দীর্ঘ বেলজারের খোলামুখ পার্চমেণ্ট কাগজ দিয়া উত্তমরূপে সটান করিয়া বাঁধ যাহাতে ইহা জল-নিরুদ্ধ (water- tight) হয়। এই যন্ত্রকে ঝিল্লী-বিশ্লেষক বলে। বেলজারের ভিতর পটাসিয়াম আয়োডাইড (KI) ও কিছু শ্বেতসার রাখ। ইহাদিগকে জলে দ্রবীভূত কর। বেল্‌জারকে অপর একটি বৃহত্তর জলপূর্ণ পাত্রে ডুবাইয়া রাখ। কয়েক ঘণ্টা পরে বাহিরের পাত্রে সামান্ত ক্লোরিন জল দাও। মুক্ত আয়োডিনের হলুদে বর্ণ দেখা যায়। অর্থাৎ KI লবণ পার্চমেণ্ট কগজের মধ্য দিয়া বাহিরের পাত্রে যায় কিন্তু শ্বেতসার যায় না। শ্বেতসার যাইলে জলের বর্ণ নীল হইত।

(২) একটি পাত্রে সোডিয়াম সিলিকেটের (Na_2SiO_3)-র পাতলা দ্রব হাইড্রো-ক্লোরিক অ্যাসিডে যোগ করিলে সিলিসিক অ্যাসিড (H_2SiO_3) ও NaCl উৎপন্ন হয়। ইহাদিগকে ঝিল্লী-বিশ্লেষকে রাখিলে NaCl ও অতিরিক্ত HCl বাহিরের পাত্রে যায় এবং H_2SiO_3 কলয়েড বলিয়া ভিতরে থাকে।

(৩) বেলজারের ভিতর বার্লির (শ্বেতসার) কলয়েড দ্রবণ ও চিনির জলীয় দ্রবণ মিশাইয়া বড় জলপূর্ণ পাত্রে কয়েক ঘণ্টা রাখ। তৎপরে বেলজারের দ্রবণের কিছু অংশ পরীক্ষানলে লইয়া কিছু আয়োডিন দ্রবণ মিশান হইল। দ্রবণের বর্ণ নীল হয়। ইহাতে প্রমাণ হয় যে বেলজারে

শ্বেতসার আছে। পরীক্ষা-নলে বড় পাত্রের জলের কিয়দংশে আয়োডিন দ্রবণ দিলে তাহার বর্ণ বদলায় না। সুতরাং শ্বেতসার পার্চমেণ্ট কাগজ ভেদ করিয়া আসে নাই।

চিনির একটি পরীক্ষা এই যে পাতলা সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা চিনির দ্রবণকে ফোটানোর পর ইহাতে অধিক পরিমাণ ক্ষার যোগ করিয়া নীলবর্ণের ফেলিং (Fehling) দ্রবণ চিনির দ্রবণে ঢালিলে এবং দ্রবণকে পুনরায় উত্তপ্ত করিলে কিউপ্রাস অক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত করে। উপরোক্ত বড় পাত্রের দ্রবণের কিয়দংশ পরীক্ষা-নলে লইয়া পাতলা সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা ফুটাইয়া অধিক পরিমাণে কস্টিক সোডার দ্রবণ যোগ করিয়া ফেলিং দ্রবণ মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে লাল কিউপ্রাস অক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। সুতরাং চিনির দ্রবণ পার্চমেণ্ট কাগজ ভেদ করিয়া আসে।

১১৮ (ক) : কলয়েড দ্রবণ ও প্রকৃত দ্রবণের পার্থক্য :—

প্রকৃত দ্রবণ	**কলয়েড দ্রবণ**
১। কণাগুলি অতি ক্ষুদ্র। তাহাদের প্রত্যেকের ব্যাসের পরিমাণ মোটামুটি 10^{-8} সেঃ মিঃ হইবে।	১। কণাগুলি অপেক্ষাকৃত বড়, ব্যাসের পরিমাণ মোটামুটি 10^{-5}—10^{-7} সেঃ মিঃ হইবে।
২। খালি চোখে বা শক্তিশালী অণুবীক্ষণেও দেখা যায় না।	২। খালি চোখে দেখা যায় না কিন্তু শক্তিশালী অণুবীক্ষণে দেখা যায়।
৩। ইহাদিগের মধ্য দিয়া শক্তিশালী আলোক-রশ্মির পথ দেখা যায় না।	৩। ইহাদিগের মধ্য দিয়া শক্তিশালী আলোক-রশ্মির পথ দেখা
৪। পার্চমেণ্ট কাগজ বা পাতলা চামড়ার ভিতর দিয়া যায়।	৪। পার্চমেণ্ট কাগজ বা পাতলা চামড়ার ভিতর দিয়া চলিয়া যায় না।
৫। Brownian গতি নাই।	৫। Brownian গতি আছে।

১১৮ (খ) কলয়েডের প্রয়োগ : আমাদের দৈনন্দিন জীবনে ও শিল্পে কলয়েডের বহু প্রয়োগ দেখা যায় :—

(ক) জীবকোষের (cell) **প্রোটোপ্লাজম** (protoplasm) কলয়েড দ্রব্য। (খ) **খাদ্য :** দুধ জলে স্নেহজাতীয় (fat) দ্রব্যের কলয়েড দ্রবণ আইসক্রীম দুধে কেজিন (casein) ও বরফের কলয়েড দ্রবণ, চা কলয়েড,

কফি অবদ্রব। (গ) **ঔষধ ঃ** অনেক ঔষধ কলয়েড অবস্থায় খুব কার্যকরী হয় যথা কড মাছের তৈল, সোণার ও রূপার কলয়েড দ্রবণ। (ঘ) চামড়া পাকা (tanned) করিবার পদ্ধতিতে ট্যানিন জলে কলয়েড দ্রবণ গঠন করে। আবার চামড়ার কোলাজেন (collagen) কলয়েড দ্রবণ গঠন করে। ইহাদের মিশাইলে দুই কলয়েডই তঞ্চিত (coagulate) হয়। (ঙ) নদীর মোহানায় নদী দ্বারা বাহিত কাদা (যাহা জলে কলয়েড দ্রবণ) সমুদ্র জলের লবণ দ্বারা তঞ্চিত হইয়া মোহানায় জমিয়া ব-দ্বীপ গঠন করে। (চ) **ধুলাকণার অধঃক্ষেপন ঃ** ধূয়া, কুয়াশা, ধূলিকণা প্রভৃতি বায়ুতে বা গ্যাসে কলয়েড প্রলম্বন। ইহাদিগকে উচ্চ তড়িৎ-ভোল্টের সহিত যুক্ত দুইটি ধাতব পাতের মধ্য দিয়া অতিক্রম করাইলে ইহারা অধঃক্ষিপ্ত হয়। বহু কারখানায় এইরূপ গ্যাস বা বায়ুকে ধূলিমুক্ত করা হয়। (ছ) সাবান জলে কলয়েড দ্রবণ। ইহা কোন ময়লা বস্ত্রের তৈলাক্ত পদার্থকে আদ্রবিত (emulsify) করে। তখন বস্ত্রের ময়লা জলের দ্বারা দুরীভূত হয়। (জ) রবার গাছের দুধ (latex) রবার কণার কলয়েড প্রলম্বন। অন্য দ্রব্যের উপর এই কণাগুলি তঞ্চিত হইলে রবার দ্রব্য উৎপন্ন হয়। (ঝ) জলে ফটকিরি গুলিলে অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রোক্সাইড উৎপন্ন হয়। ইহা থকথকে (flocculent) হয়। ইহা জলের ময়লা লইয়া অধঃক্ষিপ্ত হয়।

এই প্রয়োগগুলি ব্যতীত ম্রক্ষক, বার্ণিস, এনামেল, প্লাষ্টিক, আঠা, রঞ্জন, সবই বিভিন্ন দ্রাবকে কলয়েড দ্রবণ।

[**শিক্ষণ-নির্দেশ ঃ** জলের অধ্যায়ে অনেক বিষয় আলোচনা করা হইয়াছে। প্রথমে জলের উৎস, জলের বিশুদ্ধিকরণ, জলের ধর্ম, জলের সংযুতি বর্ণনা করিয়া পরে দ্রবণের গুণ, দ্রবণের প্রকার ভেদ, কলয়েড, স্ফটিকীকরণ প্রভৃতি বর্ণনা করা হইয়াছে। ইহাতে ছাত্রদিগের বিষয়গুলি বুঝিবার সুবিধা হইবে। সিলেবাসের পাঠক্রম সুবিধাজনক নহে। তরলে গ্যাসের দ্রবণ, দ্রাব্যতার উপরে তাপের ও চাপের প্রভাব সম্পর্কে সহজ পরীক্ষা দেখানো দরকার।]

প্রশ্নাবলী

1. What are the natural sources of water? What is mineral water?
জলের স্বাভাবিক উৎস কি কি ? খনিজ জল কাহাকে বলে ?

2. What are the common impurities which may be present in water taken from natural sources? How do they affect the suitability of the water for domestic purposes? Indicate how you would purify it (a) for

industrial purposes and (b) for drinking purposes. স্বাভাবিক উৎস হইতে সংগৃহীত জলে কি কি সাধারণ অশুদ্ধি পাওয়া যায়? গৃহস্থালীর কাজের জন্য জলের উপযুক্ততা কি ভাবে প্রভাবান্বিত হয়? (i) শিল্পকার্যের জন্য এবং (ii) পানীয় উদ্দেশ্যে জল কি প্রকারে শুদ্ধ করিবে? (Mad. 37. Cal. '38)

3. Describe in outline experimental methods for determining the composition of water (a) by weight and (b) by volume. Show what information about the atomic weight of oxygen may be obtained from the result of such experiments. জলের তৌলিক ও আয়তনিক সংযুতি নির্ণয় করিবার জন্য পরীক্ষামূলক প্রণালী সংক্ষেপে বর্ণনা কর। এই পরীক্ষার ফল হইতে অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন সম্পর্কে কি সংবাদ পাওয়া যায়? (C. U. '33 ; Pat. '29)

4. Write the equation to show the action of water upon the following substances—(a) Magnesium. (b) Sodium. (c) Iron. Describe the experiments in (b) & (c). নিম্নলিখিত দ্রব্যগুলির উপর জলের ক্রিয়া দেখাইবার সমীকরণ দাও (a) ম্যাগনেসিয়াম, (b) সোডিয়াম, (c) লৌহ। ইহাদিগের পরীক্ষাগুলি বর্ণনা কর।
(Cal. '39 ; Mad. '27)

5. What is meant by the hardness of water? What is the hardness due to? What are the disadvantages of hard water when used (a) in the laundry, (b) in a boiler, and (c) for cooking? Describe the various methods for the removal of the hardness of water. জলের খরতা বলিলে কি বুঝ? খরতা কি জন্য হয়? যখন খর জল ধোপাখানায়, বয়লারে, রান্নার কার্যে ব্যবহৃত হয় তখন ইহার অসুবিধা কি কি হয়? জলের খরতা অপসারণের বিভিন্ন প্রণালীগুলি বর্ণনা কব।
(Cal. '41 ; Punjab '34 ; Pat. '35)

6. What do you understand by the term 'solubility'? How would you show experimentally that substances like sugar, clay and sand easily or sparingly soluble or insoluble in water. দ্রাব্যতা বলিলে কি বুঝ? চিনি, বালি এবং কাদা সহজে-দ্রাব্য বা সামান্য দ্রাব্য বা অদ্রাব্য পরীক্ষা দ্বারা কি প্রকারে দেখাইবে?
(Cal. '24)

7. Plot the solubility curve of magnesium sulphate from the following data :—

Temperatures—10°, 20°, 30°, 40°, 50°C.

Wts. of solution—30, 25, 28, 10, 50 gms.

Wts. of solute—7·08, 6·54, 7·92, 3·13, 16·75 gms.

নিম্নলিখিত উপাত্ত হইতে ম্যাগনেসিয়াম সালফেটের দ্রাব্যতা-ছক আঁক।

উষ্ণতা—10°, 20°, 30°, 40°, 50°C.

দ্রবণের ওজন—30, 25, 28, 10, 50 গ্রাম

দ্রাবের ওজন—7·08, 6·54, 7·92, 3·13 16·75 গ্রাম (Pat 1917)

8. What are crystals and how are they generally prepared? How would you prepare crystals of sulphur, saltpetre and green-vitriol? What would happen if you heat these crystals? স্ফটিক কাহাকে বলে? ইহারা সাধারণতঃ কিরূপে প্রস্তুত হয়? গন্ধকের, সল্টপিটারের ও গ্রীন ভিটরিয়লের স্ফটিক কিরূপে প্রস্তুত হয়? এই স্ফটিকগুলিকে উত্তপ্ত করিলে কি ঘটে? (Cal, '16)

9. What is water of crystallisation? How would you proceed to determine the water of crystallisation in a sample of pure crystallised copper sulphate? স্ফটিক বা কেলাস-জল কাহাকে বলে? বিশুদ্ধ কেলাসিত কপার সালফেটের কেলাস-জল কিরূপে নির্ণয় করিবে? (Cal. '11; '14, '38)

10. Explain the following terms :—Crystal, water of constitution, water of crystallisation, deliquescence, efflorescence, supersaturated solution, dialysis. নিম্নলিখিত বিষয়গুলির ব্যাখ্যা কর :—স্ফটিক, সংযুতি-জল, কেলাস-জল, উদ্গ্রহ, উদ্ত্যাগ, অতিপৃক্ত দ্রবণ, ঝিল্লীবিশ্লেষণ। (Punj. 1915; Pat, 1924; Cal. 1914, '12, '19, '20, '22, '24, '32, '33, '34, '38, '48)

11. How would you proceed to determine the watet of crystallisation of alum? অ্যালামের কেলাস-জল কি প্রকারে নির্ণয় করিবে? (Cal. 1911, '14, '39)

12. How do you prepare a supersaturated solution of sodium thiosulphate at room temperature? ঘরের উষ্ণতায় সোডিয়াম থায়োসালফেটের অতিপৃক্ত দ্রবণ কি প্রকারে প্রস্তুত করিবে?

13. Describe Duma's experiments for the determination of composition of water by weight. জলের তৌলিক সংযুতি নির্ণয় করিবার ডুমার পদ্ধতি বর্ণনা কর।

14. What is colloidal solution? How do you separate a colloid from a crystalloid? কলয়েড দ্রবণ কাহাকে বলে? কলয়েড হইতে স্ফটিক কি প্রকারে পৃথক করা যায়?

15. How do you determine the solubility of a salt at temperatures lower and higher than room-temperature? ঘরের উষ্ণতার চেয়ে অধিক ও কম উষ্ণতায় কি প্রকারে কোন লবণের দ্রাব্যতা নির্ণয় করিবে?

16. What are the characteristics of a colloid? Soda water, milk, ice-cream, Sarbat, smoke, boiled sago, boiled starch, ink, salt water—which is a true and which is a colloidal solution. কলয়েডের বিশেষত্ব কি? সোডা-ওয়াটার, দুধ, আইসক্রীম, সিদ্ধ সাগু, সিদ্ধ শ্বেতসার, কুয়াশা, কালি, লবণ-জল—ইহাদের কোনটি কলয়েড এবং কোনটি আসল দ্রবণ।

17. How would you prepare a supersaturated solution? How would you convert unsaturated solution into a saturated solution and vice versa? অতিপৃক্ত দ্রবণ কি প্রকারে প্রস্তুত করিবে? অসংপৃক্ত দ্রবণকে সংপৃক্ত দ্রবণে কিংবা সংপৃক্ত দ্রবণকে অসংপৃক্ত দ্রবণে কি প্রকারে পরিণত করিবে।

দশম অধ্যায়

হাইড্রোজেন (Hydrogen)

[**Course Content :** Hydrogen : ( ) preparation (from dil. acids and from water), properties and uses. (b) Nascent state (elementary idea only)]

আঃ ফরমূলা—H_2 ; পাঃ ওজন—1·008 ; হিমাঙ্ক = −259°C, স্ফুটনাঙ্ক = −253°C ।

ইতিহাস : বয়েল হাইড্রোজেন গ্যাস তৈরী করেন। ক্যাভেনডিশ এই গ্যাসকে দাহ্য (inflammable) বায়ু বলেন, কারণ ইহা আগুনে জ্বলে। ল্যাভয়সিয়ার এই গ্যাস ও অক্সিজেনকে দহন করিয়া জল উৎপাদন করেন। সেইজন্য তিনি ইহাকে হাইড্রোজেন (জলোৎপাদক) নাম দেন।

১১৯। **হাইড্রোজেনের অবস্থান :** ইহা মুক্ত অবস্থায় আগ্নেয়গিরির গ্যাসে ও অন্য প্রাকৃতিক গ্যাসে, উল্কাতে, সৌরমণ্ডলে থাকে এবং যুক্ত অবস্থায় জলে, অ্যাসিডে, ক্ষারে, প্রাণী ও উদ্ভিদের উপাদানে, পেট্রোলিয়ামে, তৈলে ও চর্বিতে থাকে।

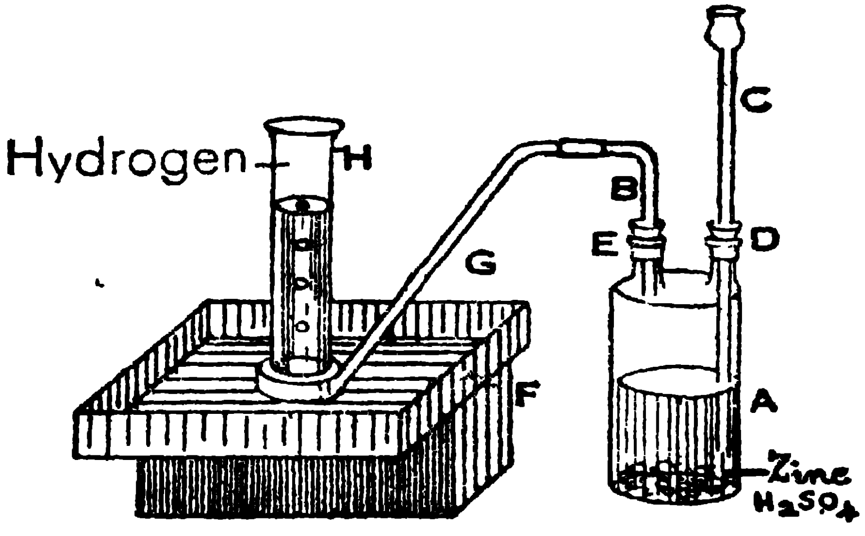
১২০। **হাইড্রোজেন প্রস্তুত-প্রণালী :** হাইড্রোজেন (ক) **অ্যাসিড,** (খ) **ক্ষার,** ও (গ) **জল** হইতে প্রস্তুত হয়।

(ক) **অ্যাসিড হইতে :** সমস্ত অ্যাসিডেই হাইড্রোজেন থাকে। হাইড্রোজেনের চেয়ে বেশী তড়িৎ-ধনাত্মক ধাতু হাইড্রোক্লোরিক (HCl) ও সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4) হইতে হাইড্রোজেনকে মুক্ত করে ; $Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2$; $Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$; $2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2$; Zn, Mg বা Fe-এর উপর পাতলা HCl বা H_2SO_4-এর ক্রিয়ার ফলে এবং টিনের উপর তীব্র ও উষ্ণ HCl এর ক্রিয়ার ফলে শীঘ্র শীঘ্র হাইড্রোজেন মুক্ত হয়।

১২১। **পরীক্ষাগার প্রণালী :** (**Laboratory Method**) (D) :

(ক) একটি E ও D দুইগলা (neck) বিশিষ্ট Woulfe বোতল A লও।

কর্কের মধ্য দিয়া এক গলায় দীর্ঘ-নাল ফানেল (thistle funnel) C ও অপর গলায় বাঁকান নির্গমনল B জুড়িয়া দাও। ফানেলের নল (stem) বোতলের প্রায় শেষ পর্যন্ত পৌঁছায়। কয়েক খণ্ড বাজারের ছিবড়ে (commercial granulated) জিঙ্ক লও। বাজারের জিঙ্ককে গলাইয়া সূক্ষ্ম ধারায় ঠাণ্ডা জলে ঢালিলে জিঙ্কের ছিবড়ে পাওয়া যায়। C ফানেল দিয়া বোতলে সামান্য জল ঢাল যাহাতে ফানেলের শেষ প্রান্ত জলের নীচে থাকে। (খ) অগ্নিসংযোগে হাইড্রোজেন বায়ুর অক্সিজেনের সঙ্গে বিস্ফোরণ ঘটায়। সুতরাং যন্ত্রটি সম্পূর্ণ বায়ু-নিরুদ্ধ হওয়া দরকার যাহাতে যন্ত্র হইতে হাইড্রোজেন বাহিরে নিঃসৃত না হয় এবং বাহিরের বায়ুর সহিত না মিশে। ইহা সঠিক জানিবার জন্য B নির্গমনলে মুখ দিয়া ফুঁ দাও। জল ফানেলের নল দিয়া উপরে উঠে। এখন B নলের মুখ আঙ্গুল দিয়া বন্ধ কর। যদি ফানেলে জলের তল ঠিক একই জায়গায় থাকে তবে বুঝিবে যন্ত্র বায়ুনিরুদ্ধ হইয়াছে অর্থাৎ যন্ত্র হইতে বায়ু বাহির হইতেছে না বা যন্ত্রে বায়ু প্রবেশ করিতেছে না। (গ) একটা টুকরা রবারনল দিয়া B নলের সহিত G নল যুক্ত কর। G নলের শেষ মুখ F গ্যাসদ্রোণীর জলের নীচে রাখ। (ঘ) C ফানেল দিয়া পাতলা সালফিউরিক অ্যাসিড (1:5 আয়তন) বোতলে ঢাল। গাঢ় H_2SO_4 সাধারণ উষ্ণতায় জিঙ্কের উপর কোন ক্রিয়া করে না। আবার উষ্ণ ও গাঢ় H_2SO_4 ব্যবহার করিলে সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2) উৎপন্ন হয়। সাধারণ



৮৮নং চিত্র—হাইড্রোজেন প্রস্তুত-প্রণালী

উষ্ণতায় পাতলা H_2SO_4 * ব্যবহার করিলে হাইড্রোজেন তাড়াতাড়ি উদ্ভুত হয়। কয়েক মিনিট হাইড্রোজেনকে ছাড়িয়া দাও যাহাতে বোতল হইতে বায়ু সম্পূর্ণ বাহির হয়। এখন পর পর কয়েকটি জলপূর্ণ গ্যাস-জার (H) ঢাক্‌না দিয়া দ্রোণীর তাকের (shelf) উপর উপুড় কর। ঢাক্‌না সরাইয়া নির্গম-নলের শেষ প্রান্ত গ্যাস-জারের মধ্যে ঢোকাও। জল অপসারণ করিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস-জারে ভর্তি কর। গ্যাসভর্তি জারগুলি ঢাক্‌না দিয়া বাহিরে আন। (ঙ) A বোতলে জিঙ্ক সাল্‌ফেট দ্রবণ থাকে। দ্রবণকে গাঢ় করিয়া রাখিয়া দিলে $ZnSO_4, 7H_2O$-এর কেলাস পাওয়া যায়।

সাবধানতাঃ (ক) B নলের প্রান্ত সব সময়েই জলের নীচে রাখিবে। (খ) যন্ত্রকে বায়ুনিরুদ্ধ করিবে। (গ) গ্যাস-জারে গ্যাস সংগ্রহ করিবার পূর্বে জল অপসারণ দ্বারা পরীক্ষানলে গ্যাস ভর্তি করিয়া গ্যাসকে শিখায় ধর। যদি দুম করিয়া বিস্ফোরণ না হয় তবে বুঝিবে যন্ত্র বায়ুমুক্ত হইয়াছে। যদি বিস্ফোরণ ঘটে তবে আরো কিছুক্ষণ গ্যাস নির্গত হইতে দাও।

কিপস্ যন্ত্রঃ কিপের যন্ত্র ব্যবহার করিয়া প্রয়োজনমত হাইড্রোজেন সরবরাহ করা হয়।

কিপের যন্ত্রের মধ্যের B গ্লোবে দস্তার টুকরা রাখা হয়। উপরের গ্লোবে পাতলা সালফিউরিক অ্যাসিড রাখা হয়। যখন গ্যাসের প্রয়োজন হয় তখন G কলটি খুলিয়া দিলেই গ্যাস পাওয়া যায়। (কিপের যন্ত্রের ছবি পূর্বে দেওয়া হইয়াছে)।

(খ) **ক্ষার হইতেঃ** তীব্র NaOH বা KOH দ্রবণ এবং জিঙ্ক, অ্যালুমিনিয়াম, টিন বা সিলকন একত্রে ফুটাইলে হাইড্রোজেন উদ্ভুত হয়। শেষোক্ত পদ্ধতিকে **সিলিকন** (silicon) পদ্ধতি বলে।

$Zn + 2KOH = Zn(OK)_2$ (পটাসিয়াম জিঙ্কেট) $+ H_2$;

$Si + 2NaOH + H_2O = Na_2SiO_3$ (সোডিয়াম সিলিকেট) $+ 2H_2$.

(গ) **জল হইতেঃ** জলের সঙ্গে ধাতুর ক্রিয়ায় হাইড্রোজেনের উৎপত্তির কথা পূর্বেই আলোচনা করা হইয়াছে।

---

* বারে বারে কোন রাসায়নিক দ্রব্যের নামোল্লেখ না করিয়া নামের পরিবর্তে সংকেত (formula) উল্লেখ করা সুবিধাজনক, যথা বারে বারে "সালফিউরিক অ্যাসিড" নামটি না লিখিয়া তৎপরিবর্তে H_2SO_4 লেখা হইয়াছে। সেইরূপ হাইড্রোজেনের' পরিবর্তে 'H_2' লেখা হইয়াছে।

(iii) **জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণে** ক্যাথোডে হাইড্রোজেন উদ্ভূত হয়।

(iv) স্টীম লোহিত-তপ্ত **কয়লাকে** বিশ্লিষ্ট করে এবং H_2 উৎপন্ন হয়।

১২২। বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন প্রস্তুত-প্রণালী: (ক) পরীক্ষাগার প্রণালীতে Zn ও H_2SO_4 হইতে প্রস্তুত হাইড্রোজেনে অনেক মিশ্রিত দ্রব্য (impurities) থাকে। নিম্নলিখিত পর্যায়ে কতকগুলি U-নলে স্থাপিত বিশোষকের মধ্য দিয়া উপরোক্ত হাইড্রোজেন গ্যাস অতিক্রম করাইয়া মিশ্রিত দ্রব্যগুলি দূর করা হয়; (১) H_2S (H_2SO_4-এর বিজারণ দ্বারা উৎপন্ন) শোষণ করিতে লেড নাইট্রেট [$Pb(NO_3)_2$] দ্রবণ, (২) ফস্‌ফাইন (PH_3) ও আরসাইন (AsH_3) (জিঙ্কে মিশ্রিত ফস্‌ফরাস্ বা আরসেনিক হইতে উৎপন্ন) শোষণ করিতে সিল্‌ভার সাল্‌ফেট Ag_2SO_4 দ্রবণ, (৩) NO_2, CO_2 (বায়ু হইতে মিশ্রিত), এবং SO_2 (H_2SO_4 হইতে উৎপন্ন) শোষণ করিতে কঠিন KOH, (৪) H_2O শোষণ করিতে P_2O_5 ব্যবহৃত হয়। (৫) সর্বশেষ মিশ্রিত N_2কে মুক্ত করিবার জন্য H_2কে প্যালেডিয়াম পাতযুক্ত বায়ুশূন্য বালবের মধ্য দিয়া অতিক্রম করানো হয়। প্যালেডিয়াম কেবল H_2 শোষণ করে। N_2 পাম্প দিয়া বাহির করা হয়। এখন হাইড্রোজেন-পূর্ণ প্যালেডিয়াম-সুদ্ধ বালবকে গরম করিলে **বিশুদ্ধ** H_2 উদ্ভূত হয়। এই H_2কে পারদের উপর সংগ্রহ করা হয়।

(খ) বিশুদ্ধ Al বা Mg বিশুদ্ধ H_2SO_4-এর ক্রিয়া হইতে অনেকটা বিশুদ্ধ H_2 পাওয়া যায়।

(গ) বায়ুমুক্ত বিশুদ্ধ পাতিত জলকে সামান্য বিশুদ্ধ H_2SO_4 মিশ্রিত করিয়া প্লাটিনাম তড়িৎ দ্বারের মধ্যে তড়িৎ বিশ্লিষ্ট করিলে ক্যাথোডে H_2 উদ্ভূত হয়। এই হাইড্রোজেনকে P_2O_5-এর মধ্য দিয়া অতিক্রম করাইয়া বিশুদ্ধ ও শুষ্ক পারদের উপর সংগ্রহ করিলে অতি বিশুদ্ধ H_2 পাওয়া যায়।

১২৩। পণ্য (Commercial) হাইড্রোজেন প্রস্তুত-প্রণালী: **(ক) জলগ্যাস (Water gas) হইতে:** এই পদ্ধতি চারি পর্যায়ে সম্পন্ন হয়।

(i) স্টীমকে লোহিত-তপ্ত (1000°C) কোক-কয়লার উপর দিয়া অতিক্রম করাইলে সমায়তন CO ও H_2 উৎপন্ন হয়। এই মিশ্রণকে **জলগ্যাস** বলে; $C+H_2O=CO+H_2$; $C+2H_2O=CO_2+2H_2$.

(ii) জল-গ্যাসের CO হইতে H_2 পৃথক করা শক্ত। সেইজন্য জল-গ্যাসকে স্টীমের সঙ্গে মিশাইয়া অধিক চাপে উত্তপ্ত (450°C) অনুঘটক ফেরিক-অক্সাইড ও ক্রোমিয়াম-অক্সাইডের মিশ্রণের উপর দিয়া অতিক্রম করানো হয়। এই ক্রিয়ায় H_2 ও CO_2 পাওয়া যায় ;

$$CO + H_2O = CO_2 + H_2.$$

(iii) এই মিশ্রণকে অধিক চাপে (30 বায়ুমণ্ডলের চাপ) জলের ও NaOH দ্রবণের মধ্য দিয়া পাম্প করানো হয়। CO_2 অপসারিত হয়।

(iv) সামান্য CO যাহা অপরিবর্তিত অবস্থায় থাকে তাহা অ্যামোনিয়ায় দ্রবীভূত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্বারা শোষণ করা হয়। তাহার পর পাম্প করিয়া হাইড্রোজেন গ্যাসকে গ্যাস-ভাণ্ডারে জমা করা হয়।

১২৪। **হাইড্রোজেনের ধর্ম ঃ** (ক) **ভৌত ঃ** হাইড্রোজেন গন্ধহীন, বর্ণহীন ও স্বাদহীন গ্যাস। ইহা সামান্য পরিমাণে জলে দ্রবীভূত হয়। ইহা লঘুতম পদার্থ। ইহা বায়ুর চেয়ে 14·4 গুণ হাল্কা। হাইড্রোজেনের আইসোটোপ (isotope) আবিষ্কৃত হইয়াছে। দুই ভরের পরমাণু-বিশিষ্ট হাইড্রোজেনকে ভারী (heavy) হাইড্রোজেন বলে। ইহার নাম Deuterum. সম্প্রতি ইহা অপেক্ষাও ভারী হাইড্রোজেন আবিষ্কৃত হইয়াছে। ইহার নাম Tritium। ইহা হাইড্রোজেন বোমা প্রস্তুত করিতে ব্যবহৃত হয়।

(খ) **রাসায়নিক ঃ** (i) হাইড্রোজেন দাহ্য পদার্থ কিন্তু দহনের সহায়ক নয়। হাইড্রোজেন অক্সিজেনে জ্বলিয়া জল উৎপন্ন করে। (ii) অক্সিজেনের প্রতি ইহার আসক্তি খুব বেশী। সেইজন্য ইহা অনেক ধাতব অক্সাইড হইতে অক্সিজেন অপসারণ করে। সুতরাং হাইড্রোজেন একটি **বিজারক** (reducing agent) ; যথা,

$$CuO + H_2 = Cu + H_2O \ ; \ Fe_2O_3 + 3H_2 = 2Fe + 3H_2O.$$

(iii) গলিত সালফার-চূর্ণের উপর দিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস পরিচালিত করিলে সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়। ইহার গন্ধ পচা ডিমের গন্ধের মত ; $S + H_2 = H_2S.$

(iv) নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন দুইশত গুণ বায়ুমণ্ডলের চাপে ও 550°C উষ্ণতায় বিশেষতঃ লৌহ অনুঘটকের উপস্থিতিতে যুক্ত হয় ;

$$N_2 + 3H_2 = 2NH_3.$$

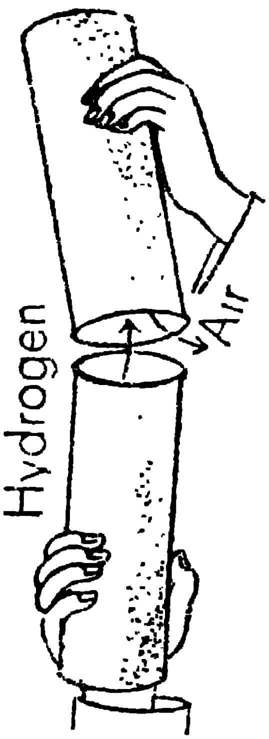
(v) হাইড্রোজেন গ্যাসের জ্বলন্ত শিখা ক্লোরিন গ্যাসে প্রবেশ করাইলে হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের গ্যাস উৎপন্ন হয় ; $Cl_2 + H_2 = 2HCl$.

(vi) **অন্তর্ধৃতি** (Occlusion) : Ni, Co, Fe, প্লাটিনাম (Pt) এবং বিশেষতঃ প্যালেডিয়াম (Pd) প্রভৃতি ধাতু উত্তপ্ত হইলে এমনকি সাধারণ উষ্ণতায়ও হাইড্রোজেন শোষণ করে। ধাতুর এই গুণকে **অন্তর্ধৃতি** বলে। ধাতুতে হাইড্রোজেনের দ্রবণ কঠিন-দ্রবণের (solid solution) দৃষ্টান্ত। এক আয়তন প্যালেডিয়াম্ ব্ল্যাক্ (Palladium black) সাধারণ উষ্ণতায় ৮00-900 আয়তন H_2 শোষণ করে। কলয়েড্ (colloidal) প্যালেডিয়াম 2250 আয়তন H_2 শোষণ করে।

(vii) **হাইড্রাইড** ঃ হাইড্রোজেন অধিকাংশ অধাতুর (নিষ্ক্রিয় গ্যাস ব্যতীত) সহিত এবং Ca, Na, K প্রভৃতি ধাতুর সহিত সংযুক্ত হইয়া হাইড্রাইড গঠন করে। অধাতুর হাইড্রাইড (H_2O, NH_3, HCl) ধাতুর হাইড্রাইডের (KH, NaH) চেয়ে সুস্থিত। ধাতুর হাইড্রাইড জলের সঙ্গে ক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন পুনরুৎপন্ন করে।

$$Ca + H_2 = CaH_2$$

$$CaH_2 + 2H_2O = Ca(OH)_2 + 2H_2 \ ;$$



৮২নং চিত্র—
হাইড্রোজেন ঢালা

১২৫। হাইড্রোজেনের ধর্ম-সম্পর্কীয় পরীক্ষা ঃ

(ক) হাইড্রোজেন লঘুতম পদার্থ ঃ

পরীক্ষা ঃ (i) রবারের বেলুনের বা সাবানের ফেনার মধ্যে সূচাল নলের সাহায্যে গ্যাস চালনা করিয়া হাইড্রোজেন-পূর্ণ বেলুন বা সাবানের বুদ্‌বুদ্ বাতাসে ছাড়িয়া দিলে ইহারা আপনা-আপনি উপরে উঠিয়া যায়। (ii) বায়ুপূর্ণ উল্টা গ্যাসজারের নীচের মুখে হাইড্রোজেনপূর্ণ গ্যাসজার ধরিলে হাইড্রোজেন হাল্কা বলিয়া উপরের জারের বায়ুকে সরাইয়া সেই স্থান অধিকার করে। ইহাকে হাইড্রোজেন উপরে ঢালা (pouring upwards) বলে। উপরের জার সরাইয়া জারের মুখে জ্বলন্ত শলাকা ধরিলে সামান্য বিস্ফোরণের সহিত ইহা জ্বলে। (iii) তুলাযন্ত্রের দুই বাহু হইতে দুইটি বীকার ঝুলাইয়া একটির মুখ নীচের দিকে করিয়া দাও। পাল্লায় ওজন রাখিয়া বীকার দুইটিকে সম-ওজন কর। উল্টা বীকারের নীচে হাইড্রোজেন

পূর্ণ গ্যাসজার ধর। এই বীকার হাল্কা হাইড্রোজেনে পূর্ণ হওয়ায় পাল্লা উঠিয়া যায়।

(খ) **হাইড্রোজেন দাহ্য কিন্তু দহনের সহায়ক নহে:** উল্টা হাইড্রোজেনের জারে জ্বলন্ত কাঠি প্রবেশ করাও। জারের মুখে হাইড্রোজেন জ্বলে কিন্তু ভিতরে কাঠি নিভিয়া যায়।

(গ) **হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের মিশ্রণ বিস্ফোরক:** সোডা ওয়াটারের বোতলে $\frac{2}{3}$ ভাগ হাইড্রোজেন ও $\frac{1}{3}$ ভাগ অক্সিজেন ভর্তি কর। বোতলটিকে তোয়ালে জড়াইয়া বোতলের মুখে জ্বলন্ত বাতি ধর। ইহাতে ভীষণ বিস্ফোরণ হয়। মনে রাখিবে, **একেবারে শুষ্ক** হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন উত্তপ্ত হইলেও যুক্ত হয় না। মিশ্রণে সামান্য একটু জলীয় বাষ্প থাকা দরকার। জলীয় বাষ্প অনুঘটকের কাজ করে।

হাইড্রোজেন বায়ুতে জ্বলিলে অনবরত সামান্য বিস্ফোরণ ঘটে। শব্দায়মান শিখা (singing flame) দ্বারা ইহা বুঝা যায়। কিপের যন্ত্র হইতে উদ্ভূত হাইড্রোজেনকে একটি সোজা লম্ব (vertical) নলের সরু মুখে প্রজ্বলিত কর। বিভিন্ন দৈর্ঘ্যের ও বিভিন্ন বেধের কাচনল শিখার উপর ধীরে ধীরে নামাইয়া দাও। দেখিবে, বিভিন্ন রকমের শব্দ উৎপন্ন হইবে। কেন? হাইড্রোজেন জ্বলিবার সময় অনবরত সামান্য বিস্ফোরণ ঘটে। বিস্ফোরণের জন্য বিভিন্ন নলের বিভিন্ন দৈর্ঘ্যের বায়ুস্তম্ভ (air column) বিভিন্নভাবে নিনাদিত (vibrate) হয়। এই কারণে বিভিন্ন রকমের শব্দ উৎপন্ন হয়।

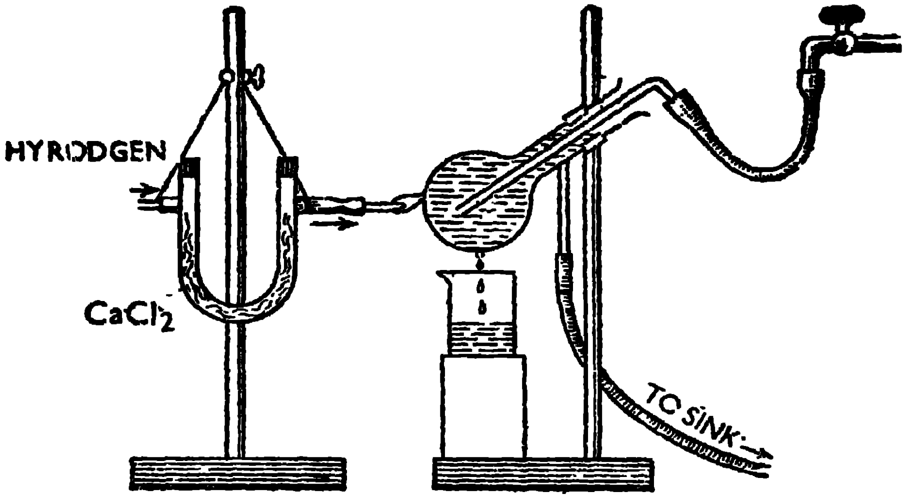
৮২নং চিত্র—হাইড্রোজেনের প্রজ্বলন

(ঘ) **হাইড্রোজেন জ্বলিলে জল হয়:** কিপের যন্ত্র হইতে উদ্ভূত H_2কে U-নলে স্থাপিত গলিত ক্যাল্‌সিয়াম ক্লোরাইডের মধ্য দিয়া লইয়া সরু নলের মুখ দিয়া বাহির কর। ক্যাল্‌সিয়াম ক্লোরাইড হাইড্রোজেন গ্যাসের সহিত মিশ্রিত জলীয় বাষ্প শোষণ করিয়া গ্যাসকে শুষ্ক করে। নির্গত গ্যাসে অগ্নিসংযোগ কর। জ্বলন্ত গ্যাসের শিখার উপর একটি পাতন-ফ্লাস্ক রাখ এবং ফ্লাস্কের-মধ্য দিয়া শীতল জল প্রবাহিত করাও। ফ্লাস্কের গা হইতে ফোঁটা ফোঁটা বর্ণহীন তরল পদার্থ ফ্লাস্কের নিম্নে স্থাপিত বীকারে জমে। এই

তরল পদার্থ অনার্দ্র সাদা $CuSO_4$তে যোগ করিলে ইহা নীল হয়। সুতরাং তরল পদার্থ জল।

১২৬। হাইড্রোজেনের অভীক্ষণ : (ক) হাইড্রোজেন ফিকে নীল শিখার সহিত জ্বলে। উৎপন্ন দ্রব্য (জল) লিট্‌মাসে উদাসীন থাকে। (খ) ইহা দহনের সহায়ক নহে। (গ) ইহা Pd দ্বারা শোষিত হয়।

১২৭। ব্যবহার : হাইড্রোজেন বিজারক হিসাবে, ঝালাইয়ের জন্য ও চূনের আলোর জন্য, অক্সি-হাইড্রোজেনের শিখা ও পারমাণবিক (atomic) হাইড্রোজেনের শিখা (5000°C) উৎপাদনে, বায়ু-জাহাজ ও বেলুন ভর্তি করিবার জন্য, NH_3, HCl ও মিথিল কোহলের পণ্য-উৎপাদনের জন্য এবং চর্বি ও তেলকে বর্ণশূন্য, গন্ধশূন্য ও শক্ত করিবার জন্য ব্যবহৃত হয়। 1 ঘঃ মিটার হাইড্রোজেনের বায়ুতে 1·2 কিলোগ্রাম ওজন উঠাইবার শক্তি (lifting force) থাকে। অধিক চাপে ও 150°C উষ্ণতায় বিশুদ্ধ হাইড্রোজেনকে বিজারিত নিকেলের উপস্থিতিতে চর্বি বা তেলের (যথা নারিকেল তেল, বাদাম তেল) মধ্য দিয়া অতিক্রম করানো হইলে তেলের উপাদানে হাইড্রোজেন যুক্ত হইয়া শক্ত হয় এবং ইহা খাদ্যরূপে ব্যবহৃত হয়। এইরূপে দাল্‌দা প্রভৃতি উদ্ভিজ্জাত ঘৃত প্রস্তুত হয়। এই প্রক্রিয়াকে হাইড্রোজেন সংযোগ করা (hydrogenation) বলে। কয়লার সহিত হাইড্রোজেন সংযোগে কৃত্রিম পেট্রল প্রস্তুত হয়।



৮০নং চিত্র—হাইড্রোজেনকে বায়ুতে জ্বালাইলে জল উৎপন্ন হয়।

১২৮। জায়মান অবস্থা (Nascent State) : কোন যৌগের কোন

যৌগ হইতে মুক্ত হইয়া পুনরায় অন্য কোন অণু গঠন না করা পর্যন্ত অবস্থাকে **জায়মান বা পারমাণবিক (atomic) অবস্থা** বলে। জায়মান হাইড্রোজেন সাধারণ হাইড্রোজেন অপেক্ষা খুব বেশী শক্তিশালী বিজারক পদার্থ।

(1) পরীক্ষা-নলে হলদে বর্ণের ফেরিক ক্লোরাইড ($FeCl_3$) দ্রবণ অথবা পাটল বর্ণের পটাসিয়াম পারমাঙ্গ্যানেট ($KMnO_4$) দ্রবণ লও। কিপের যন্ত্র হইতে উদ্ভূত H_2 গ্যাস পরীক্ষানলে প্রবেশ করাও। কোন দ্রবণেরই বর্ণ বদলায় না, কারণ এইরূপ ক্ষেত্রে কিপের যন্ত্রের ভিতর হাইড্রোজেনের পরমাণু উৎপন্ন হইয়াই অণু গঠন করে। তাহাই পরীক্ষা-নলের ভিতর ঢোকে। তখন ইহার পারমাণবিক অবস্থা থাকে না। ইহা $FeCl_3$ বা $KMnO_4$-এর সঙ্গে ক্রিয়া করে না। এখন পরীক্ষা-নলে এইরূপে দ্রবণে পাতলা H_2SO_4 ও জিঙ্ক রাখিলে জায়মান অর্থাৎ সদ্যোজাত হাইড্রোজেন পরমাণু দ্বারা তৎক্ষণাৎ দ্রবণের $FeCl_3$ ও $KMnO_4$ বিজারিত হয় এবং দ্রবণের বর্ণ বদলায়।

$$FeCl_3 + H = FeCl_2 + HCl \;;$$

$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 10H = K_2SO_4 + 2MnSO_4$ (ম্যাঙ্গানাস সালফেট্) $+ 8H_2O$.

[**শিক্ষণ নির্দেশ ঃ** হাইড্রোজেন প্রস্তুতির সতর্কতা সম্পর্কে অবহিত হওয়া প্রয়োজন। হাইড্রোজেনের প্রস্তুতি, ধর্ম পরীক্ষা দ্বারা দেখানো প্রয়োজন।]

প্রশ্নাবলী

1. Describe three experiments suitable fot illustrating the extreme lightness of hydrogen. হাইড্রোজেনের অতিশয় লঘুতা দেখাইবার জন্য তিনটি পরীক্ষা বর্ণনা কর।

2. Mention all the general methods of preparation of hydrogen. Give equations. Describe the laboratory method in detail giving a neat sketch of the apparatus for the preparation of hydrogen. হাইড্রোজেন প্রস্তুতের সাধারণ প্রণালীগুলি উল্লেখ কর। সমীকরণ দাও। হাইড্রোজেন প্রস্তুতের পরীক্ষাগার প্রণালী সবিস্তারে বর্ণনা কর। যন্ত্রের পরিষ্কার ছবি আঁক।

3. Under what conditions do oxygen and hydrogen combine to form water ? কি সর্তে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন যুক্ত হইয়া জল উৎপন্ন করে ?

(C. U. 1943 , Punj 1920)

4. By what metal and under what conditions is water decomposed with liberatiion of hydrogen ? কোন ধাতু দ্বারা কি সর্তে জল বিশ্লিষ্ট হইয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে ?

5. What is nascent hydrogen and what are its properties ? What do you understand by the nascent state of an element ? How will you prove that it is very active ? Why is it that dilute and not conc. H_2SO_4 is used for preparing hydrogen from zinc ? জায়মান হাইড্রোজেন কি ? ইহার ধর্ম কি কি ? মৌলের জায়মান অবস্থা বলিলে কি বুঝ ? ইহা অধিক ক্রিয়াশীল কি করিয়া প্রমাণ করিবে ? জিঙ্ক হইতে হাইড্রোজেন প্রস্তুত করিতে গাঢ় H_2SO_4-এর পরিবর্তে লঘু H_2SO_4 ব্যবহৃত হয় কেন ? (Nag, 1930 ; C. U. 1933, '34, '40, '41. '33, '46).

6. How is pure hydrogen prepared from ordinary zinc and H_2SO_4 ? What precautions should be taken in collecting and burning the gas ? What is meant by occluded hyrdrogen ? সাধারণ Zn ও H_2SO_4 হইতে কি প্রকারে বিশুদ্ধ হাইড্রোজন প্রস্তুত করা যায় ? গ্যাসকে সংগ্রহ করিতে ও জ্বালাইতে কি সতর্কতা অবলম্বন করা যায় ? অন্তর্ধৃত হাইড্রোজেন কাহাকে বলে ? (C. U. 1935).

একাদশ অধ্যায়

জারণ (Oxidation) ও বিজারণ (Reduction)

১২৯। **জারণঃ** জারণের দুই প্রকারের সংজ্ঞা হইতে পারেঃ (ক) **প্রথম সংজ্ঞাঃ** যে প্রক্রিয়ায় কোন মৌলে বা যৌগে (i) অক্সিজেন যুক্ত হয়, বা ইহার ভাগ বৃদ্ধি পায়, (ii) অন্য কোন অধাতু (তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌল যথা Cl, Br, I, S, SO_4) যুক্ত হয় বা ইহাদের ভাগ বৃদ্ধি পায়, কিংবা (iii) যৌগ হইতে হাইড্রোজেন অপসারিত হয় বা (iv) যৌগ হইতে কোন ধাতু (তড়িৎ-ধনাত্মক মৌল) অপসারিত হয় বা ইহাদের ভাগ কমে সেই প্রক্রিয়াকে **জারণ** বলে।

দৃষ্টান্তঃ (i) H_2, Mg, Cu, Fe, S প্রভৃতি পদার্থ অক্সিজেন গ্যাসে জ্বলিলে ইহাদের সহিত **অক্সিজেন** যুক্ত হয়। নূতন পদার্থকে **অক্সাইড** বলে।

$$2H_2+O_2=2H_2O\ ;\quad 2Cu+O_2=2CuO\ ;\ S+O_2=SO_2.$$

(ii) স্ট্যানাস ক্লোরাইড ক্লোরিন দ্বারা স্ট্যানিক ক্লোরাইডে জারিত হয়। এখানে তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌল Cl_2যুক্ত হয়।

$$SnCl_2+Cl_2=SnCl_4.$$

হাইড্রোজেন পারক্সাইড ফেরাস সালফেটের অ্যাসিডযুক্ত দ্রবণকে ফেরিক সাল্‌ফেট করে। এখানে তড়িৎ-ঋণাত্মক মূলক SO_4-এর ভাগ বাড়ে।

$$2FeSO_4+H_2SO_4+H_2O_2=Fe_2(SO_4)_3+2H_2O.$$

(iii) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড MnO_2 দিয়া উত্তপ্ত করিলে জারিত হয়। MnO_2র অক্সিজেন HCl হইতে হাইড্রোজেন অপসারিত করে।

$$4HCl+MnO_2=MnCl_2+2H_2O+Cl_2.$$

হাইড্রোজেন সাল্‌ফাইডকে অক্সিজেনে জ্বালাইলে হাইড্রোজেন সালফার হইতে অপসারিত হয়।

$$H_2S+O_2=2H_2O+2S.$$

(iv) হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড KI হইতে Kকে অপসারিত করে। এখানে ধাতু অপসারিত হয়। $H_2O_2+2KI=2KOH+I_2$.

---

* জারণ ও বিজারণের ইলেকট্রোনীয় মতবাদ পরে আলোচিত হইবে।

(খ) **দ্বিতীয় সংজ্ঞা :** জারণে মৌলের ধনাত্মক যোজ্যতা (positive valency) বৃদ্ধি পায় কিংবা ঋণাত্মক যোজ্যতা হ্রাস পায়।

$$2FeCl_2 + Cl_2 = 2FeCl_3.$$

এখানে Fe-এর ধনাত্মক যোজ্যতা দুই হইতে তিন হয়।

১৩০। **বিজারণ : (ক) প্রথম সংজ্ঞা :** যে প্রক্রিয়ায় কোন মৌলে বা যৌগে (i) হাইড্রোজেন যুক্ত হয় বা, (ii) অন্য কোন ধাতু (তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌল বা মূলক) যুক্ত হয় বা ইহাদের ভাগ বাড়ে কিংবা (iii) কোন যৌগ হইতে অক্সিজেন অপসারিত হয় বা ইহাদের ভাগ কমে বা (iv) কোন তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল বা মূলক অপসারিত হয় সেই প্রক্রিয়াকে **বিজারণ** বলে।

দৃষ্টান্ত : (i) H_2S বা SO_2 ক্লোরিনের সঙ্গে ক্রিয়া করিলে ক্লোরিন বিজারিত হয়। এখানে হাইড্রোজেন যুক্ত হয়।

$Cl_2 + H_2S = 2HCl + S$; $Cl_2 + SO_2 + 2H_2O = 2HCl + H_2SO_4$.

(ii) হাইড্রোজেন দ্বারা কিউপ্রিক ক্লোরাইড কিউপ্রাস ক্লোরাইডে বিজারিত হয়। এখানে কপার ধাতুর ভাগ বাড়ে।

$$2CuCl_2 + 2H = Cu_2Cl_2 + 2HCl.$$

(iii) হাইড্রোজেন দ্বারা উত্তপ্ত CuO বিজারিত হয়। এখানে অক্সিজেন অপসারিত হয় ; $CuO + H_2 = Cu + H_2O$.

(iv) সোডিয়াম দ্বারা $AlCl_3$ বিজারিত হয় ; এখানে তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌল ক্লোরিন অপসারিত হয়। $AlCl_3 + 3Na = Al + 3NaCl$.

(খ) **দ্বিতীয় সংজ্ঞা :** বিজারণে মৌলের ঋণাত্মক যোজ্যতা বৃদ্ধি পায় কিংবা ধনাত্মক যোজ্যতা হ্রাস পায়।

$$FeCl_3 + H\ (\text{সদ্য উৎপন্ন}) = FeCl_2 + HCl.$$

১৩১। **জারক দ্রব্য :** যে দ্রব্য অপর যৌগে অক্সিজেন যোগ করে বা যৌগের অধাতব বা তড়িৎ-ঋণাত্মক অংশ বৃদ্ধি করে বা হাইড্রোজেন বা তড়িৎ-ধনাত্মক অংশ অপসারণ করে তাহাকে **জারক** দ্রব্য বলে। জারণে জারক দ্রব্য নিজে বিজারিত হয়। জারণে ইলেকট্রোন লাভ করে এবং ইহার যোজ্যতা কমে। অক্সিজেন, ওজোন (O_3), হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড (H_2O_2), হ্যালোজেন অন্যান্য পার-অক্সাইড, নাইট্রিক অ্যাসিড, পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট (Permanganate), ফেরি-সায়ানাইড (Ferricyanide), পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট (Dichromate)—সাধারণ জারক।

১৩২। **বিজারক দ্রব্য ঃ** যে দ্রব্য অপর যৌগে হাইড্রোজেন যোগ করে কিংবা যৌগের ধাতব বা তড়িৎ-ধনাত্মক অংশ বৃদ্ধি করে বা অক্সিজেন বা তড়িৎ-ঋণাত্মক অংশ হ্রাস করে তাহাকে **বিজারক দ্রব্য** বলে। বিজারক দ্রব্য নিজে জারিত হয়। বিজারণে বিজারক ইলেকট্রোন ছাড়িয়া দেয় এবং ইহার যোজ্যতা বাড়ে। হাইড্রোজেন. হাইড্রোজেন সালফাইড (H_2S), সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2), হাইড্রোজেন আয়োডাইড (HI), স্ট্যানাস ক্লোরাইড, কারবন মনোক্সাইড, কারবন (উচ্চ উষ্ণতায়)—সাধারণ বিজারক।

১৩৩। **জারণ ও বিজারণ প্রক্রিয়া একই সঙ্গে ঘটে ঃ** (i) যখনই একটি দ্রব্য জারিত হয় তখনই জারক দ্রব্য নিজেই বিজারিত হয়, (ii) যখনই একটি দ্রব্য বিজারিত হয় তখনই বিজারক দ্রব্য নিজেই জারিত হয়।

(i) জল গঠিত হইবার সময় অক্সিজেন হাইড্রোজেনকে জারিত করে। আবার হাইড্রোজেন অক্সিজেনকে বিজারিত করে।

$$CuO+H_2=Cu+H_2O.$$

(ii) $PbS+4H_2O_2=PbSO_4+4H_2O$; এখানে H_2O_2 দ্বারা PbS জারিত হইয়া $PbSO_4$ হয় এবং সঙ্গে সঙ্গে H_2O_2 নিজে বিজারিত হইয়া H_2O হয়।

(iii) COকে উত্তপ্ত CuO-র উপর প্রবাহিত করিলে CO দ্বারা CuO বিজারিত হইয়া Cu হয়, সঙ্গে সঙ্গে CO জারিত হইয়া CO_2 হয়। $CuO+CO=Cu+CO_2$.

(iv) স্ট্যানাস ক্লোরাইড দ্রবণকে মারকিউরিক ক্লোরাইডের দ্রবণে মিশ্রিত কর। সাদা মারকিউরাস ক্লোরাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। মারকিউরিক ক্লোরাইড বিজারিত হইয়া মারকিউরাস ক্লোরাইডে পরিণত হয়, সঙ্গে সঙ্গে স্ট্যানাস ক্লোরাইড স্ট্যানিক ক্লোরাইডে জারিত হয়।

$$2HgCl_2+SnCl_2=Hg_2Cl_2+SnCl_4.$$

দ্রষ্টব্য :—(i) একই দ্রব্য বিভিন্ন অবস্থায় জারক বা বিজারক হইতে পারে ; $4H_2O_2+PbS=PbSO_4+4H_2O$ (জারক) ; $H_2O_2+O_3=H_2O+2O_2$ (বিজারক)।

(ii) জারক KI হইতে I, H_2S হইতে S, HCl হইতে Cl মুক্ত করে।

বিজারক অ্যাসিডিক পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটকে বর্ণহীন করে এবং অ্যাসিডিক পটাসিয়াম ডাইক্রোমেটকে সবুজ করে।

[**শিক্ষক-নির্দেশ:** জারণ ও বিজারণ বিশেষ উল্লেখযোগ্য রাসায়নিক প্রক্রিয়া। বিভিন্ন প্রণালীতে জারণ ও বিজারণের দৃষ্টান্ত দ্বারা এই বিষয় পরিষ্কার ভাবে বুঝানো প্রয়োজন।]

প্রশ্নাবলী

1. How will you determine whether a substance is an oxidising or a reducing agent ? 'Oxidation never takes place without reduction'. Explain the statement. তুমি কি প্রকারে নির্ণয় করিবে যে কোন বস্তু জারক কিংবা বিজারক পদার্থ। 'বিনা বিজারণে জারণ হয় না'—এই উক্তি ব্যাখ্যা কর।

2. What reducing agents will you use to reduce (a) H_2SO_4 into SO_2 and (b) HNO_3 into NH_3 ? H_2SO_4কে SO_2, HNO_3কে NH_3তে বিজারিত করিতে কি বিজারক ব্যবহার করিবে ?

(Nag 1921, Mad, 1931, pat. 1919, Punjab 1928, Benaras 1923)

3. Explain fully oxidation and reduction. Define and illustrate oxidising and reducing agents. In what class will you place H_2O_2 and why ? Illustrate the oxidising or reducing action of the following:—Sulphuric acid, Nitric acid, Ozone, Hydrogen Peroxide, Chlorine, Iodine, Phosphorus, Sulphur dioxide, Cupric oxide. জারণ ও বিজারণ সম্পূর্ণ ব্যাখ্যা কর। জারক ও বিজারক দ্রব্যের উদাহরণসহ সংজ্ঞা বল। H_2O_2 কোন্ শ্রেণীভুক্ত ও কেন ? নিম্নলিখিত দ্রব্যগুলির জারণ বা বিজারণ ক্রিয়া ব্যাখ্যা কর—সালফিউরিক অ্যাসিড, নাইট্রিক অ্যাসিড, ওজোন, হাইড্রোজেন পারক্সাইড, ক্লোরিন, আয়োডিন, ফসফরাস, সালফার ডাইঅক্সাইড, কিউপ্রিক অক্সাইড।

(Cam. Jun 1924 ; Mad. 1928, '31 ; Pat. 1937 ; Bom. 1935 ; C. U. 1933, '34 '37, '41, '46, '48)

দ্বাদশ অধ্যায়

[**Course Content :** Elementary idea of atomic and molecular weight]

পারমাণবিক ও আণবিক ওজনের প্রাথমিক জ্ঞান

১৩৪। সংজ্ঞা: (ক) পারমাণবিক ওজন: প্রথম সংজ্ঞা: পরমাণু বা অণু এত ছোট যে ইহাদের প্রত্যক্ষভাবে তুলায় (balance) প্রকৃত ওজন বাহির করা যায় না। বিজ্ঞানীরা পরোক্ষভাবে পরমাণুর ওজন নির্ণয় করিয়াছেন। সর্বাপেক্ষা লঘু পদার্থ হাইড্রোজেনের ওজন $=1{\cdot}65\times10^{-24}$ গ্রাম এবং সর্বাপেক্ষা ভারী পদার্থ ইউরেনিয়ামের ওজন $=3{\cdot}85\times10^{-22}$ গ্রাম। রাসায়নিক গণনায় পরমাণুর ও অণুর ওজন জানা একান্ত আবশ্যক কিন্তু এত নগণ্য ওজন লইয়া রাসায়নিক গণনা করা অসুবিধাজনক। রাসায়নিক গণনা সহজ করিবার জন্য পরমাণুর কাল্পনিক তুলনামূলক ওজন ধরা হয়।

একটি মৌলের পরমাণুর ওজনকে **একক** ধরিয়া অন্য মৌলের বা যৌগের পরমাণু বা অণুর আপেক্ষিক ওজন বা গুরুত্ব তুলনা করা হয়। হাইড্রোজেন লঘুতম মৌল বলিয়া হাইড্রোজেনের একটি পরমাণুর ওজনকে একক ধরা হয়। সুতরাং **একটি হাইড্রোজেনের পরমাণুর ওজন অপেক্ষা অন্য মৌলের একটি পরমাণু যত সংখ্যক ভারী হয় সেই সংখ্যাকে মৌলের পারমাণবিক ওজন বা গুরুত্ব** (সংক্ষেপে পাঃ ওঃ) বলে।

$$\therefore\ \text{মৌলের পাঃ ওঃ} = \frac{\text{মৌলের এক পরমাণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের এক পরমাণুর ওজন}}\ :$$

"ক্লোরিনের পারমাণবিক ওজন $=35{\cdot}5$"—ইহার অর্থ (ক) ক্লোরিনের যে কোন একটি পরমাণু হাইড্রোজেনের যে কোন একটি পরমাণু অপেক্ষা 35·5 গুণ ভারী। (খ) যদি 2টি ক্লোরিন পরমাণু তুলার বাম পাল্লায় রাখা সম্ভব হইত তবে 71টি হাইড্রোজেন পরমাণু ডান পাল্লায় রাখিলে সম-ওজন হইত। পারমাণবিক ওজন একটি সংখ্যা মাত্র। ইহার কোন একক নাই। সেইজন্য ক্লোরিণের পারমাণবিক ওজন 35·5 বলিলে 35·5 সের বা গ্রাম বা ছটাক লেখা হয় না, শুধু সংখ্যা লেখা হয়।

দ্বিতীয় সংজ্ঞা : কোন মৌল হইতে উৎপন্ন বিভিন্ন যৌগিক পদার্থের বিভিন্ন আণবিক ওজনের মধ্যে ঐ মৌলের ক্ষুদ্রতম ওজনকে পাঃ ওঃ বলে। HCl, $COCl_2$, CCl_4 প্রভৃতি ক্লোরিনের বিভিন্ন যৌগ। এই সকল যৌগের আণবিক ওজন পরীক্ষামূলকভাবে গণনার দ্বারা বাহির করা যায়। এই সকল আণবিক ওজনের মধ্যে ক্লোরিনের সর্বনিম্ন ভাগ $= 35{\cdot}5$। সেইজন্য ক্লোরিনের পাঃ ওঃ $= 35{\cdot}5$। পারমাণবিক ওজনকে গ্রামে প্রকাশিত করিলে তাহাকে **গ্রাম পারমাণবিক ওজন** বা **গ্রাম-পরমাণু** বলে। 35·5 গ্রাম ক্লোরিনকে এক গ্রাম-পরমাণু ক্লোরিন বলে। 'গ্রাম-পরমাণু' একটি ওজনের পরিমাণ। সুতরাং ইহার একক থাকে।

(খ) আণবিক ওজন : প্রথম সংজ্ঞা : কোন পদার্থের একটি অণু হাইড্রোজেনের একটি পরমাণুর চেয়ে যত সংখ্যক ভারী সেই সংখ্যা পদার্থের আণবিক ওজন বা গুরুত্ব প্রকাশ করে। সুতরাং আণবিক ওজন

$$= \frac{\text{পদার্থের এক অণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের এক পরমাণুর ওজন}}$$

। "ক্লোরিনের আণবিক ওজন = 71"—ইহার অর্থ এই যে, ক্লোরিনের একটি অণু হাইড্রোজেনের একটি পরমাণুর চেয়ে 71 গুণ ভারী অর্থাৎ হাইড্রোজেনের 71টি পরমাণুর ওজন = ক্লোরিনের একটি অণুর ওজন। "চিনির আণবিক ওজন 342"—ইহার অর্থ চিনির একটি অণু একটি হাইড্রোজেনের পরমাণু অপেক্ষা 342 গুণ ভারী। মনে রাখিবে, ক্লোরিনের অণুর ওজন 71 গ্রাম বা সের নহে। ইহা একটি সংখ্যা মাত্র এবং ইহার কোন একক নাই।

দ্বিতীয় সংজ্ঞা : একই উষ্ণতায় ও চাপে হাইড্রোজেনের দুই তৌলিক ভাগ যতটা আয়তন দখল করে, কোন পদার্থের যে ওজন গ্যাসীয় অবস্থায় সেই আয়তন দখল করে, সেই ওজনকে পদার্থের আণবিক ওজন বলে। (অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প অনুসারে, ইহা দশম শ্রেণীর পুস্তকে বলা হইবে)।

তৃতীয় সংজ্ঞা : সাধারণ উষ্ণতায় ও চাপে কোন পদার্থের গ্যাসীয় অবস্থায় গ্রামে 22·4 লিটারের যে ওজন হইবে ওজনের সেই সংখ্যাকে আণবিক ওজন বলে।

১৩৫। আণবিক ওজনের গণনা : (i) যৌগের সংকেত হইতে যৌগে কি কি পরমাণু ও কতগুলি পরমাণু আছে তাহা জানা যায়। আণবিক ওজন = বিভিন্ন পরমাণুর সংখ্যা ও পরমাণুর ওজনের গুণফলের যোগফল;

সালফিউরিক অ্যাসিডের সংকেত H_2SO_4। ইহার আণবিক ওজন কত? H_2SO_4 অ্যাসিডে হাইড্রোজেনের পরমাণুর সংখ্যা দুই, সালফার পরমাণুর সংখ্যা এক এবং অক্সিজেনের পরমাণুর সংখ্যা চার, আবার হাইড্রোজেন, সালফার ও অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন যথাক্রমে 1, 32 ও 16। সুতরাং H_2SO_4-এর আণবিক ওজন $= 2 \times 1 + 1 \times 32 + 4 \times 16 = 98$।

(ii) সোডিয়াম ক্লোরাইডের সংকেত NaCl; ইহার আণবিক ওজন কত?

$$\underset{Na}{23} + \underset{Cl}{35{\cdot}5} = \underset{NaCl.}{58{\cdot}5.}$$

(iii) তুঁতের কেলাসের সংকেত $CuSO_4, 5H_2O$. ইহার আণবিক ওজন কত?

পরমাণু	পরমাণুর সংখ্যা	×	পাঃ ওজন	গুণফল
Cu	1	×	63·5	= 63·5
S	1	×	32	= 32
O	4	×	16	= 64
H	10	×	1	= 10
O	5	×	16	= 80
আণবিক			ওজন	= 249·5

গ্রামে প্রকাশিত আণবিক ওজনকে **গ্রাম-আণবিক ওজন** (Gram-Molecular Weight) বা **গ্রাম-অণু** (Gram-Molecule) বলে। 98 গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিড ইহার এক গ্রাম-অণু। 98 ইহার আণবিক ওজন এবং ঐ সংখ্যক গ্রাম-ওজনের অ্যাসিডের পরিমাণ ইহার এক গ্রাম-অণু হইবে। প্রত্যেক পদার্থের গ্রাম-অণু একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ ওজন যাহা সেই পদার্থের আণবিক ওজন যত তত গ্রাম। মনে রাখিবে, 'গ্রাম-অণু' ওজনের পরিমাণ, সুতরাং ইহার একক আছে। '10 গ্রাম-অণু সালফিউরিক অ্যাসিড' বলিলে '98 × 10 = 980 গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিড' বুঝাইবে। সকল গ্যাসীয় পদার্থের গ্রাম-অণু সাধারণ উষ্ণতায় ও চাপে 22·4 লিটার আয়তন দখল করে। এই আয়তনকে **আণবিক আয়তন** বলে।

দ্রষ্টব্য: (ক) নিম্নলিখিত কারণে হাইড্রোজেনের বদলে অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজনকে (= 16) **একক** ধরা হয়। যথা: (১) হাইড্রোজেনের

যৌগ অপেক্ষা অক্সিজেন যৌগ প্রস্তুত করা সহজ। (২) হাইড্রোজেন লঘুতম পদার্থ বলিয়া পরীক্ষায় অনেক ভুল হয়। (৩) অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজনকে প্রমাণ ধরিলে অন্যান্য মৌলের পারমাণবিক ওজন পূর্ণ সংখ্যার কাছাকাছি হয়।

১৩৬। অণুর চরম (absolute) ওজন ঃ

নানা পরীক্ষার দ্বারা জানা গিয়াছে যে, এক আণবিক আয়তনে (22·4 লিটারে) $6\cdot06 \times 10^{23}$ সংখ্যক অণু থাকে। ইহাকে Avogadro Number বলে।

$\therefore$ অণুর চরম ওজন

$$= \frac{\text{সাধারণ উষ্ণতায় ও চাপে } 22\cdot4 \text{ লিটার গ্যাসের ওজন}}{6\cdot06 \times 10^{23} \text{ (বা Avogadro Number)}}$$

হাইড্রোজেন পরমাণুর চরম ওজন

$$= \frac{22\cdot4 \text{ লিটার হাইড্রোজেনের সাঃ উষ্ণতায় ও চাপে ওজন}}{\text{এক গ্রাম অণুতে অণুর সংখ্যা}} \times \frac{1}{2}$$

$$= \frac{2 \text{ গ্রাম}}{6\cdot06 \times 10^{23}} \times \frac{1}{2} = 1\cdot65 \times 10^{-24} \text{ গ্রাম।}$$

লৌহের একটি পরমাণুর ওজন $= 1\cdot65 \times 10^{-24} \times 56 = 9\cdot3 \times 10^{-23}$ গ্রাম। সর্বাপেক্ষা ভারী পদার্থ ইউরেনিয়ামের পরমাণুর ওজন $= 3\cdot85 \times 10^{-22}$ গ্রাম।

জলের আণবিক ওজন $= 1\cdot65 \times 10^{-24} \times 18 = 29\cdot88 \times 10^{-24}$ গ্রাম।

এই সকল ওজন তুলাদণ্ডে না মাপিয়া অন্য উপায়ে স্থির করা হইয়াছে।

প্রশ্নাবলী

1 Define atomic and molecular weight. আণবিক ও পরমাণবিক ওজনের সংজ্ঞা বল।

ত্রয়োদশ অধ্যায়

[**Course Content :** (a) Percentage composition.

(b) Calculation of empirical formula of a compound from its composition by weight.

(c) Chemical equation. Simple calculations involving weights of substances in chemical reactions.]

সরল রাসায়নিক গণনা

১৩৭। (২) ঘনাঙ্ক, ওজন ও আয়তন

ঘনাঙ্ক ঃ ঘনাঙ্ক $D = \dfrac{\text{ভর } M}{\text{আয়তন } V}$; সুতরাং 1 ঘঃ সেঃ মিঃ পদার্থের ভরকে C.G.S পদ্ধতিতে ঘনাঙ্ক বলে। ইহাকে **চরম** (absolute) ঘনাঙ্ক বলে। "হীরার ঘনাঙ্ক = 3·52 গ্রাম"—ইহার অর্থ "1 ঘঃ সেঃ মিঃ হীরার ভর = 3·52 গ্রাম"।

১৩৮। আপেক্ষিক ঘনাঙ্ক বা গুরুত্ব (Relative Density বা Specific Gravity)

$$\text{আপেক্ষিক ঘনাঙ্ক} = \frac{\text{পদার্থের চরম ঘনাঙ্ক}}{\text{প্রমাণ (standard) পদার্থের চরম ঘনাঙ্ক}}$$

$$= \frac{\text{পদার্থের একক আয়তনের ওজন}}{\text{প্রমাণ পদার্থের একক আয়তনের ওজন}} \text{(একই অবস্থায়)}$$

গ্যাসের বেলায় সাধারণতঃ হাইড্রোজেনকে, সময় সময় অক্সিজেনকে বা বায়ুকে এবং কঠিন ও তরলের বেলায় 4°C উষ্ণতায় বিশুদ্ধ জলকে প্রমাণ পদার্থ ধরা হয়। গ্যাসের ঘনাঙ্ককে **বাষ্প-ঘনাঙ্ক** (vapour density) বলে।

$$\therefore \quad \text{বাষ্প-ঘনাঙ্ক} = \frac{\text{বাষ্পের নির্দিষ্ট আয়তনের ওজন}}{\text{সমান আয়তন হাইড্রোজেনের ওজন}} \text{(প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে)।}$$

মনে রাখিবে, চরম ঘনাঙ্কের ও আপেক্ষিক গুরুত্বের সংখ্যা সমান হয় কিন্তু ইহারা এক রাশি নয়।

১৩৯। ঘনাঙ্কের, আয়তনের ও ওজনের সম্পর্ক ঃ

(ক) প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে এক লিটার হাইড্রোজেনের ওজন = 0·08986 গ্রাম = 0·09 গ্রাম (মোটামুটি)।

$$\text{গ্যাসের ঘনাঙ্ক} = \frac{\text{1 লিটারে যে কোন গ্যাসের ওজন}}{\text{1 লিটার হাইড্রোজেনের ওজন}} \text{(প্রঃ উষ্ণতায় ও চাপে)}$$

∴ **যে কোন এক লিটার গ্যাসের ওজন** (প্রঃ উঃ ও চাঃ) = **গ্যাসের ঘনাঙ্ক × 0·09 গ্রাম।** (লিটার = 1000 ঘঃ সেঃ মিঃ)।

মনে রাখিবে, 1 ঘঃ সেঃ মিঃ হাইড্রোজেনের ওজন = 0·00009 গ্রাম (প্রঃ উঃ ও চাঃ)

∴ x ঘঃ সেঃ মিঃ যে কোন গ্যাসের ওজন (প্রঃ উষ্ণতায় ও চাপে)
= x × 0·00009 × গ্যাসের ঘনাঙ্ক (প্রঃ উঃ ও চাঃ)

দ্রষ্টব্য ঃ গ্যাসের ঘনাঙ্ক D × 2 = আণবিক ওজন (M)। ইহার প্রমাণ দশম শ্রেণীতে পাঠ করিবে।

আবার কোন গ্যাসের ওজন হইতে আয়তন বাহির করা যায়।

0·09 গ্রাম হাইড্রোজেনের আয়তন = 1 লিটার।

$$\therefore \text{ 1 গ্রাম হাইড্রোজেনের আয়তন} = \frac{1}{0{\cdot}09} = 11{\cdot}2 \text{ লিটার}$$

দৃষ্টান্ত ঃ (i) 1 লিটার অক্সিজেনের ওজন = 16 × 0·09 = 1·44 গ্রাম (প্রঃ উঃ চাঃ)।

∴ 500 ঘঃ সেঃ মিঃ অক্সিজেনের ওজন (প্রঃ উঃ চাঃ) = 0·72 গ্রাম।

(ii) 50 ঘঃ সেঃ মিঃ ক্লোরিনের ওজন = 50 × 0·00009 × 35·5 গ্রাম

(iii) 1 লিটার অ্যামোনিয়ার ওজন = 0·09 × 8·5 গ্রাম। (∴ M = 17)

(খ) **সমস্ত গ্যাসের গ্রাম-আণবিক আয়তন** (Gram-molecular volume) = 22 4 **লিটার** (প্রঃ উঃ চাঃ)।

অর্থাৎ সমস্ত গ্যাসের গ্রামে প্রকাশিত আণবিক ওজনের আয়তন = 22·4 লিঃ (প্রঃ উঃ চাঃ)।

দৃষ্টান্ত ঃ (i) প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে (16 × 0·09) গ্রাম অক্সিজেনের আয়তন = 1 লিটার।

∴ 1 গ্রাম অক্সিজেনের আয়তন = 1 ÷ (16 × 0·09) লিঃ

∴ 32 গ্রাম অক্সিজেনের আয়তন = অক্সিজেনের আণবিক ওজনের আয়তন = 32 ÷ (16 × 0·09) = 22·4 লিটার।

∴ 32 = অক্সিজেনের আণবিক ওজন বা গুরুত্ব।

(ii) $0{\cdot}09 \times 22$ গ্রাম CO_2-এর আয়তন $= 1$ লিটার (প্রঃ উঃ ও চাঃ)

($22 = CO_2$-র ঘনাঙ্ক)

∴ 1 গ্রাম CO_2-এর আয়তন $= \frac{1}{0{\cdot}09 \times 22}$ (প্রঃ উঃ ও চাঃ)

∴ 44 গ্রাম CO_2-এর আয়তন $= \frac{44}{0{\cdot}09 \times 22} = 22{\cdot}4$ লিটার

(প্রঃ উঃ ও চাঃ)

∴ 44 CO_2-এর আণবিক ওজন বা গুরুত্ব।

অঙ্ক : 1. What is the volume of 10 gms. of oxygen at N. T. P. ?

মনে কর, প্রয়োজনীয় আয়তন $= x$ লিটার।

32 গ্রাম অক্সিজেনের আয়তন $= 22{\cdot}4$ লিটার। $32 : 10 :: 22{\cdot}4 : x$

$$x = \frac{10 \times 22{\cdot}4}{32} = 7 \text{ লিটার।}$$

2. What is the volume of 1 gm. of CO at N. T. P. ?

CO-এর ঘনাঙ্ক $= (12 + 16) \div 2 = 14$ (∴ $M = 2D$)

∴ 1 লিটার CO-এর ওজন (প্রঃ উঃ চাঃ) $= 14 \times 0{\cdot}09 = 1{\cdot}26$ গ্রাম

1 গ্রাম CO-এর আয়তন $1 \div 1{\cdot}26 = 0{\cdot}788$ লিটার।

3. Find the weight of 400 c. c. of Sulphuric acid of Sp. gr, 1·2.

1 ঘঃ সেঃ মিঃ H_2SO_4-এর ওজন $= 1{\cdot}2$ গ্রাম

∴ 400 ঘঃ সেঃ মিঃ H_2SO_4-এর ওজন $= 1{\cdot}2 \times 400 = 480$ গ্রাম

4. What will be the volume at N. T. P. of HCl gas weighing 50 gms. ?

1 লিটার HCl-এর ওজন $= 0{\cdot}09 \times \frac{36{\cdot}5}{2}$ গ্রাম

মনে কর, 50 গ্রাম HCl-এর আয়তন $= x$ লিটার

$$x = \frac{50 \times 2}{0{\cdot}09 \times 36{\cdot}5} = 30{\cdot}7 \text{ লিটার।}$$

১৪০। **শতকরা পরিমাণ** (**Percentage Amount**) : (ক) কঠিনের বেলায় "শতকরা পরিমাণ (%)" বলিলে **ওজন** বুঝায়; যথা "এক লৌহ

আকরিকে 10% লৌহ আছে" ইহার অর্থ—100 গ্রাম আকরিকে 10 গ্রাম লৌহ আছে। (খ) গ্যাসের বেলায় "শতকরা পরিমাণ" বলিলে সাধারণতঃ **আয়তন** বুঝায়। (গ) তরল ও দ্রবণের বেলায় 100 গ্রাম বা 100 ঘঃ সেঃ মিঃ অর্থাৎ ওজন বা আয়তন দুইই বুঝায়। "20% HCl"-এর দুই অর্থ হইতে পারে, যথা :—(i) 100 গ্রাম নমুনা HClতে 20 গ্রাম বিশুদ্ধ HCl আছে। (ii) 100 ঘঃ সেঃ মিঃ নমুনা HClতে 20 গ্রাম বিশুদ্ধ HCl আছে।

অঙ্ক : 1. Find the weight of 30% of $CaCl_2$ solution of Sp. gr. 1·5 that will yield 1 gm. of $CaCl_2$ on evaporation.

100 ঘঃ সেঃ মিঃ দ্রবণে 30 গ্রাম $CaCl_2$ আছে।

$\therefore\ \frac{100\times1}{30}=3\ 3$ ঘঃ সেঃ মিঃ দ্রবণে 1 গ্রাম $CaCl_2$ আছে।

3·3 ঘঃ সেঃ মিঃ দ্রবণের ওজন $=3\cdot3\times1\cdot5=4\cdot95$ গ্রাম।

2. The specific gravity of pure nitric acid is 1·522. find the wt. of 200 c.c. of it and the volume that you must take to weigh 200 gms.

1 ঘঃ সেঃ মিঃ অ্যাসিডের ওজন $=1\cdot5522$ গ্রাম
200 ঘঃ সেঃ মিঃ „ „ $=304\cdot4$ গ্রাম
আবার 1 ঘঃ সেঃ মিঃ অ্যাসিডের ওজন 1·522 গ্রাম

$\therefore\ \frac{200}{1\cdot522}=131\ 4$ ঘঃ সেঃ মিঃ অ্যাসিডে 200 গ্রাম অ্যাসিড থাকিবে।

3. Hydrochloric acid of Sp. gr, 1·4 contains 20% by weight of gaseous Hydrochloric acid. Find the volume of Hydrochloric acid gas at. N. T. P. in 50 c. c. of the acid.

100 গ্রাম দ্রবণে 20 গ্রাম HCl গ্যাস আছে।

50 ঘঃ সেঃ মিঃ দ্রবণের ওজন $(50\times1\cdot4)=70$ গ্রাম।

$\therefore$ 70 গ্রাম দ্রবণে $\left(\frac{70\times20}{100}\right)=14$ গ্রাম HCl গ্যাস থাকে।

আমরা জানি, সাধারণ উষ্ণতায় ও চাপে 36·5 গ্রাম HCl গ্যাস 22·4 লিটার স্থান অধিকার করে।

$\therefore$ 14 গ্রাম গ্যাসের আয়তন $=\frac{22\cdot4\times14}{36\cdot5}=8\cdot6$ লিটার।

প্রশ্নাবলী

1. Mixture of Cu_2O and CuO contains 88% of Cu. Find its composition. Cu_2O এবং CuO এর একটি মিশ্রণে শতকরা 88 ভাগ কপার আছে। এই মিশ্রণে শতকরা- Cu_2O এবং CuO কত ভাগ আছে তাহা নির্ণয় কর।

(Ans. $Cu_2O = 90\%$, $CuO = 10\%$), (Nag. U. '32)

2. How much real nitric acid is present in 40 c. c. of nitric acid whose specific gravity is 1·42. The percentage strength of the acid is 79. যে নাইট্রিক অ্যাসিডের আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·42 তাহার 40 ঘন সেন্টিমিটারে কত আসল নাইট্রিক অ্যাসিড আছে? উক্ত নাইট্রিক অ্যাসিডে শতকরা 79 ভাগ আসল নাইট্রিক অ্যাসিড আছে?

(Ans. 36·76 gms.)?

3. The sp. gr. of pure nitric acid is 1·522. Find the weight of 200 c. c. of it and the volume of 200 gms of it. বিশুদ্ধ নাইট্রিক অ্যাসিডের আপেক্ষিক গুরুত্ব হইল 1·522। এই অ্যাসিডের 200 ঘন সেন্টিমিটারের ওজন এবং 200 গ্রামের আয়তন বাহির কর। (Ans. 304·4 gms. and 131·4 c. c.)

4. What would be the weight of 6 litres of Hydrogen at N. T. P.? What would be the weight of a similar volume of Oxygen under the like conditions of temperature and pressure. প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 6 লিটার হাইড্রোজেনের কত ওজন হইবে? উক্ত উষ্ণতায় ও চাপে 6 লিটার অক্সিজেনের ওজন কত হইবে?

(Ans. 0·54 gms. and 8·64 gms.) (C. U. 1941)

5. A flask weighs 130 gms. when full of air and 129·84 gms. when some air has been pumped out. When opened under water, 125 c. c. of water enter. Find the weight of one litre of air. at N. T. P. একটি ফ্লাস্কে বায়ু ভর্তি থাকিলে উহার ওজন হয় 130 গ্রাম; কিছু বায়ু পাম্পের সাহায্যে বাহির করিয়া লইলে উহার ওজন হইল 129·84 গ্রাম। ফ্লাস্কটিকে জলের নিম্নে উপুড় করিয়া রাখিলে উহাতে 125 ঘন সেন্টিমিটার জল প্রবেশ করে। এই পরীক্ষা হইতে প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 1 লিটার বায়ুর ওজন বাহির কর। (Bomb. 1914), (Ans. 1·28 gms.)

১৪১। ফরমুলা হইতে আণবিক ওজন নির্ণয় (Determination of Molecular weight from Formula) : নিয়ম : বিভিন্ন পরমাণুর সংখ্যাকে পারমাণবিক ওজন দ্বারা গুণ করিয়া গুণফলগুলিকে যোগ করিলে যোগফলই আণবিক ওজন।

H_2SO_4-এর আণবিক ওজন $= 2 \times 1 + 1 \times 32 + 4 \times 16 = 98$

সোডা ফস্ফেট ($Na_2HPO_4, 12H_2O$)-এর আণবিক ওজন

$= 2 \times 23 + 1 \times 1 + 1 \times 31 + 4 \times 16 + 12\,(2 \times 1 + 16 \times 1) = 358.$

১৪২। ফরমূলা হইতে শতকরা সংযুতি (Percentage Compostion) নির্ণয়ঃ 100 গ্রাম যৌগে প্রত্যেক মৌলের বা মূলকের ওজনকে শতকরা সংযুতি বলে।

নিয়মঃ অণুতে বর্তমান প্রত্যেক মৌলের বা মূলকের ওজনকে আণবিক ওজন দ্বারা ভাগ দিয়া ভাগফলকে 100 দিয়া গুণ করিলে শতকরা সংযুতি পাওয়া যায়।

অঙ্কঃ 1. Find the percentage composition of H_2SO_4. হাইড্রোজেনের, সাল্‌ফারের ও অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন যথাক্রমে 1, 32 ও 6।

∴ H_2SO_4-এর আণবিক ওজন $= 2 \times 1 + 1 \times 32 + 4 \times 16 = 98$.

98 ভাগ H_2SO_4-এর মধ্যে 32 ভাগ সাল্‌ফার, 64 ভাগ অক্সিজেন ও 2 ভাগ হাইড্রোজেন আছে।

∴ হাইড্রোজেনের শতকরা ভাগ $= \frac{2}{98} \times 100 = 2{\cdot}0408$

∴ সালফারের " " $= \frac{32}{98} \times 100 = 32{\cdot}6530$

∴ অক্সিজেনের " " $= \frac{64}{98} \times 100 = 65{\cdot}3062$

2. Calculate the percentage of phosphoric anhydride (P_2O_5) in soda phosphate Na_2HPO_4, $12H_2O$. (Cal. 1930).

Na, H, P, O-এর পারমাণবিক ওজন যথাক্রমে 23, 1, 31, 16.

∴ $Na_2HPO_4 12H_2O$-এর আণবিক ওজন =

$$2 \times 23 + 1 \times 1 \times 1 \times 31 + 4 \times 16 + 12(2 \times 1 + 1 \times 16) = 358$$

P_2O_5-এর আণবিক ওজন $= 2 \times 31 + 5 \times 16 = 142$

$2(Na_2HPO_4, 12H_2O) = P_2O_5 + 2Na_2O + H_2O + 24\ H_2O$.

∴ $2 \times 358 = 716$ ভাগ সোডা ফস্‌ফেটের মধ্যে 142 ভাগ P_2O_5 আছে।

∴ P_2O_5 শতকরা ভাগ $= \frac{142}{716} \times 100 = 19{\cdot}83$

3. Find the percentage of Fe, NH_4, SO_4, H_2O in ferric ammonium sulphate of the formula $(NH_4)_2SO_4$, $Fe_2(SO_4)_3$, $24H_2O$. (Cal. U. 1930)

ফরমূলা হইতে আণবিক ওজন $= 2 \times (14+4) + 32 + 4 \times 16 + 2 \times 56 + 3 \times (32+64) + 24(2+16) = 964.$

ভাগ লবণে Fe-এর ভাগ $= 2 \times 56 = 112$; SO_4 মূলকের ভাগ $= 4 \times 96$ ভাগ, NH_4 মূলকের ভাগ $= 2 \times 18$ ভাগ, H_2O-এর ভাগ $= 24 \times 18$ ভাগ

∴ Fe-এর শতকরা ভাগ $= \frac{112}{964} \times 100 = 11{\cdot}62$

∴ SO_4-এর „ „ $= \frac{4 \times 96}{964} \times 100 = 39{\cdot}83$

∴ NH_4-এর „ „ $= \frac{36}{964} \times 100 = 3{\cdot}73$

∴ H_2O-এর „ „ $= \frac{24 \times 18}{964} \times 100 = 44{\cdot}82.$

১৪৩। শতকরা সংযুতি হইতে ফরমূলা নির্ণয় (Determination of Formulae from percentage composition) :

নির্ণয় : (ক) অণুতে প্রত্যেক মৌলের শতকরা ভাগকে মৌলের পারমাণবিক ওজন দিয়া ভাগ কর। ভাগফলের অণুপাত (ratio) = অণুতে পরমাণুর সংখ্যার অনুপাত।

(খ) প্রত্যেক ভাগফলকে ইহাদের ক্ষুদ্রতম সংখ্যা দিয়া ভাগ কর এবং ইহার পরও যদি প্রয়োজন হয় তবে সমস্ত ভাগফলকে একটি সাধারণ সংখ্যা দিয়া গুণ কর যাহাতে সকল ভাগফলই পূর্ণ সংখ্যা হয়। কারণ পরমাণু অবিভাজ্য বলিয়া ভগ্নাংশ থাকিতে পারে না। এইরূপে প্রাপ্ত ফরমূলাকে **স্থূল ফরমূলা** (Empirical or Simplest Formula) বলে।

(গ) যৌগের (যদি গ্যাস হয়) বাষ্প-ঘনাঙ্ক (D) হইতে আণবিক ওজন (M) পাওয়া যায়, কারণ $M = 2D$ (এই সূত্র দশম শ্রেণীতে আলোচিত হইয়াছে।) আণবিক ওজন হইতে আণবিক ফরমূলা পাওয়া যায়।

(ঘ) **আণবিক ফরমূলা** = স্থূল ফরমূলা × n ; এখানে n সরল পূর্ণ সংখ্যা।

$$\therefore n = \frac{\text{প্রকৃত আণবিক ওজন}}{\text{স্থূল ফরমূলার ওজন}}$$

(ঙ) যে সকল কঠিন বাষ্পীভূত হয় না তাহাদের বাষ্প-ঘনাঙ্ক ও আণবিক ওজন বাহির করা যায় না। সুতরাং তাহাদের স্থূল ফরমূলাকেই প্রকৃত আণবিক ফরমূলা বলা হয়।

(চ) স্থূল ফরমূলার একটি অণুতে **পরমাণুর অনুপাত** পাওয়া যায়। আণবিক ফরমূলায় একটি অণুতে পরমাণুর **প্রকৃত সংখ্যা** পাওয়া যায়।

"স্থূল ফরমূলা A_3B_4" ইহার অর্থ যৌগে Aএর ও Bএর পরমাণুর অনুপাত 3 : 4 "আণবিক ফরমূলা A_3B_4" ইহার অর্থ যৌগে Aএর পরমাণুর সংখ্যা $=3$, Bএর পরমাণুর সংখ্যা $=4$.

ফরমূলা নির্ণয় করিতে আণবিক ওজন জানা দরকার কিন্তু স্থূল ফরমূলা নির্ণয়ে আণবিক ওজন জানা দরকার হয় না।

উপরোক্ত নিয়মের গণনা ও সংখ্যা : মনে কর, A ও B মৌল যুক্ত হইয়া AB যৌগ উৎপন্ন করে। মনে কর AB যৌগে Aর ও Bর শতকরা ভাগ p% ও q% এবং Aর পরমাণু সংখ্যা : Bর পরমাণু সংখ্যা $=x : y$ ভাগ এবং Aর ও Bর পারমাণবিক ওজন যথাক্রমে a ও b.

∴ স্থূল ফরমূলা $=A_xB_y$ । Aর আনুপাতিক ওজন (relative weight) $=ax$, Bর আনুপাতিক ওজন $=by$ ∴ আণবিক ওজন $=ax+by$.

$$\therefore \text{ Aর শতকরা ভাগ} = \frac{ax}{ax+by}\times 100$$

$$\therefore \text{ Bর শতকরা ভাগ} = \frac{by}{ax+by}\times 100$$

$$\therefore \frac{\text{Aর শতকরা ভাগ}}{\text{Bর শতকরা ভাগ}} = \frac{ax}{by}.$$

$$\therefore \frac{\text{Aর শতকরা ভাগ}}{\text{Aর পারমাণবিক ওজন}} : \frac{\text{Bর শতকরা ভাগ}}{\text{Bর পারমাণবিক ওজন}} \text{ বা} \left(\frac{p}{a} : \frac{q}{b}\right) ::$$

$x : y =$ Aর পরমাণুর সংখ্যা : Bর পরমাণুর সংখ্যা

স্থূল ফরমূলা $=A_xB_y$ ∴ আণবিক ফরমূলা $=(A_xB_y)n$. এখানে $n=$ পূর্ণসংখ্যা

$$\therefore (ax+by)n = \text{আণবিক ওজন} = 2\times\text{ঘনাঙ্ক} \quad \therefore n = \frac{2\times\text{ঘনাঙ্ক}}{ax+by}।$$

অঙ্ক : A compound of C, H and O contains C = 40%, H = 6·67%. Its molecular weight = 180. Find its formula.

(C. U, 1938)

	% ভাগ	$\frac{\%\text{ভাগ}}{\text{পা: ওজন}}$	পরমাণুর অনুপাত	3·33 দ্বারা ভাগ করিয়া পূর্ণসংখ্যার অনুপাত
কারবন	40	$\frac{40}{12}$	3·33	1
হাইড্রোজেন	6·67	$\frac{6{\cdot}67}{1}$	6·67	2
অক্সিজেন	100 − 46·67 = 53·33	$\frac{53{\cdot}33}{16}$	3·33	1

∴ স্থূল ফরমূলা = $C_1H_2O_1$ ∴ আণবিক ফরমূলা = $(CH_2O)n$

আণবিক ওজন = 180 ∴ $(CH_2O)n = 180$

$(12+2+16)n = 180$ ∴ $n = 6$

∴ আণবিক ফরমূলা = $C_6H_{12}O_6$.

2. A compound containing Na, S, O and H gave on analysis the following result : Na = 14·31%, S = 9·97% H = 6·25%, O = 69·47%. Calculate the formula on the assumption that all the hydrogen in the compound is present in combination with oxygen as water.

$$Na = \frac{14{\cdot}31}{23} = 0{\cdot}62 \text{ ও } S = \frac{9{\cdot}97}{32} = 0{\cdot}31,$$

$$H = \frac{6{\cdot}25}{1} = 6{\cdot}25 \text{ ও } O = \frac{69{\cdot}47}{16} = 4{\cdot}34$$

নিম্নতম সংখ্যা 0·31 দিয়া প্রত্যেক ভাগফলকে ভাগ করিয়া

$$Na = \frac{0{\cdot}62}{0{\cdot}31} = 2\ ;\ S = \frac{0{\cdot}31}{0{\cdot}31} = 1\ ;\ H = \frac{6{\cdot}25}{0{\cdot}31} = 20\ ;\ O = \frac{4{\cdot}34}{0{\cdot}31} = 14$$

∴ স্থূল ফরমূলা = $Na_2SH_{20}O_{14}$। এই ফরমূলায় হাইড্রোজেনের 20টি পরমাণু 10টি অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া H_2O অণু গঠন করে।

∴ ফরমূলা = Na_2SO_4, $10H_2O$.

4. Two oxides of a metal contain 27·6% and 30% of oxygen respectively. If the formula of the first oxide be M_3O_4, find that of the second. (C. U. 1940)

100 ভাগ M_3O_4-এর মধ্যে 27·6 ভাগ অক্সিজেন ও $(100-27{\cdot}6)=72{\cdot}4$ ভাগ M ধাতু আছে।

∴ M_3O_4-এর মধ্যে অক্সিজেনের ওজন $4\times16=64$

∴ M_3O_4 যৌগে 64 ভাগ অক্সিজেনের আনুষঙ্গিক M ধাতুর ওজন

$$=27{\cdot}6 : 64 :: 72{\cdot}4 : x$$

$$x=(64\times72{\cdot}4)\div27{\cdot}6=168$$

সুতরাং 168 = M-এর 3টি পরমাণুর ওজন

∴ M-এর পারমাণবিক ওজন $=168\div3=56$

দ্বিতীয় যৌগে 30% অক্সিজেন ও 70% M ধাতু আছে

$$\therefore\ \frac{\text{M-এর পরমাণুর সংখ্যা}}{\text{O-এর পরমাণুর সংখ্যা}}=\frac{70}{56}\div\frac{30}{16}=\frac{1{\cdot}25}{1{\cdot}9}=\frac{1}{1{\cdot}5}$$

দুই দিয়া গুণ করিয়া $\frac{M}{O}=\frac{2}{3}$ ∴ ফরমূলা হইল M_2O_3.

প্রশ্নাবলী

1. The percentage composition of a compound is O = 58·52' H = 2·48, S = 39. Find out its formula. একটি যৌগের শতকরা সংযুতি নিম্নরূপ:—O = 58·52, H = 2·48, S = 39। ইহার সংকেত বাহির কর। (C. U. 1901); (Ans. H_2SO_3)

2. The percentage composition of a compound is as follows:— S = 23·76%, O = 23·71%, Cl = 52·54%. Given its vapour density 68. find its mol. formula: একটি যৌগের শতকরা সংযুতি হইল নিম্নরূপ:—S = 23·76%, O = 23·71%, Cl = 52·54%। ইহার বাষ্প গুরুত্ব হইল 68: ইহার আণবিক সংকেত বাহির কর।

(Ans. SO_2Cl_2)

3. A crystallised salt on being rendered anhydrous loses 45·6 per cent of its weight. The percentrge composition of the anhydrous salt is: Al = 10·5, K = 15·1, S = 24·8, O = 49·6. Find the simple formula of the anhydrous salt and the crystallised salt. একটি কেলাসিত লবণকে অনার্দ্র অবস্থায় আনার ফলে ইহার শতকরা 45·6 ভাগ ওজন কমিয়া যায়। অনার্দ্র লবণের শতকরা সংযুতি

হইল Al—10·5, K—15·1, S—24·8, O—49·6। অনার্দ্র লবণের এবং কেলাসিত লবণের স্থূল সংকেত বাহির কর। (All. 1928): [Ans. $AlKS_2O_8$ and $AlK(SO_4)_2$, $12H_2O$]

4. An oxide of copper gave the following result : 88·8 parts of copper and 11·2 parts of oxygen by wt. What may be the formula of the oxide ? একটি কপারের অক্সাইডকে বিশ্লেষণ করিয়া নিম্নলিখিত ফল পাওয়া গেল : 88·8 ভাগ ওজনের কপার ও 11·2 ভাগ ওজনের অক্সিজেন সংযুক্ত আছে। এই অক্সাইডের সংকেত কি হইবে ?

(Bombay, 1956), Ans. Cu_2O)

5, A compound was found on analysis to have the following composition :—K – 17·8, Ni – 13·5, SO_4 – 44 and H_2O – 24·7 per cent. What is the formula ? (Ni = 59.) একটি যৌগকে বিশ্লেষণ করিয়া নিম্নলিখিত শতকরা ফলগুলি পাওয়া গেল :—K—17·8, Ni—13·5, SO_4—44, H_2O—24·7 ; যৌগটির সংকেত কি হইবে ? (Ni—59) (Bom. I. Sc.) ; (Ans. K_2SO_4, $NiSO_4$, $6H_2O$),

6. 12·325 gms. of Epsom salt lose 6·306 gms. of water on dehydration and leave behind $MgSO_4$. Calculate the formula of Epsom salt. এপসম্ লবণের 12.325 গ্রামকে নির্জ্জলিত করায় তাহার 6·306 গ্রাম ওজন কমিয়া গেল এবং $MgSO_4$ পড়িয়া থাকিল। এপসম্ লবণের সংকেত বাহির কর। (Benares, '27) ; (Ans. $MgSO_2$, $7H_4O$).

7. A substance on analysis is found to give the following percentage composition. Deduce its formula . Mg – 17·52, N – 10·22, H – 2·92, P – 22·62 and O – 46·72. একটি পদার্থের শতকরা সংযুতি নিম্ন প্রকার ?—Mg—17·52, N—10·22 H—2·92, P—22·62, এবং O—46·72। ইহার সংকেত নির্ণয় কর।

(C. U. 1916) (Ans. $MgNH_4PO_4$)

8. A compound on analysis gives the following percentage composition by weight :—H – 9·09, O – 36·36 and C – 54·54. Its vapour density is 44. Find its molecular formula. একটি যৌগের সংশ্লেষণে নিম্নলিখিত শতকরা সংযুক্তি দেখা গেল :—H—9·09, O—36·36 এবং C—54·54। ইহার বাষ্পীয় ঘনত্ব 44। ইহার আণবিক সংকেত নির্ণয় কর। (C. U. 1917) ; (Ans. $C_4H_4O_2$)

১৪৪। রাসায়নিক সমীকরণ (ওজন) সম্পর্কিত অঙ্ক (Simple calculation involving weight)

তৌলিক বিশ্লেষণ (Gravimetric analysis) : $C + O_2 = CO_2$ —এই সমীকরণ প্রকাশ করে যে, 12 তৌলিক (by weight) ভাগ কারবন ও 32 তৌলিক ভাগ অক্সিজেন ক্রিয়া করিয়া 12 + 32 = 44 তৌলিক ভাগ কারবন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে। মূল পদার্থে কারবন ও অক্সিজেনের ওজন

জানা থাকিলে CO_2র ওজন পাওয়া যায় কিংবা CO_2র ওজন জানা থাকিলে C ও O_2র ওজন জানা যায়। মনে রাখিবে, ওজনগুলি আপেক্ষিক। যে কোন একক ধরিলে সমীকরণ সত্য হইবে। 12 গ্রাম বা মণ বা সের C 32 গ্রাম বা মণ বা সের O_2-এর সঙ্গে ক্রিয়া করিয়া 44 গ্রাম বা মণ বা সের CO_2 উৎপন্ন করে।

নিয়মঃ (ক) নির্ভুল সমীকরণ লেখ। (খ) ফরমূলার নীচে ওজন লেখ। (গ) প্রয়োজনীয় বিষয় গণনা কর।

অঙ্কঃ 1. How much potassium chlorate be strongly heated to yield as much oxygen as would be obtained from 200 gm. of mercuric oxide? (C. U. 1936)

(i) $2HgO = 2Hg + O_2$.

$2(200+16) \qquad 32$

$\therefore$ 432 গ্রাম HgO হইতে 32 গ্রাম অক্সিজেন পাওয়া যায়।

$\therefore$ 200 গ্রাম HgO হইতে $\frac{32 \times 200}{432} = 14{\cdot}8$ গ্রাম অক্সিজেন পাওয়া যায়।

(ii) $2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$

$2 \times (39+35{\cdot}5+48) \qquad 3(16 \times 2)$

245 গ্রাম $KClO_3$ হইতে 96 গ্রাম অক্সিজেন পাওয়া যায়।

$\therefore$ 14·8 গ্রাম অক্সিজেন পাওয়া যায় $\frac{245 \times 14{\cdot}8}{96} = 37{\cdot}78$ গ্রাম $KClO_3$ হইতে।

2. 8 gms. of pure manganese dioxide are heated with an excess of HCl and the gas evolved is passed into a solution of KI. Calculate the weight of iodine liberated. (Nag. U. 1933)

(ii) $MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + 2H_2O + Cl_2$.

$(55+2 \times 16) \qquad 2 \times 35{\cdot}5$

87 গ্রাম MnO_2 হইতে 71 গ্রাম ক্লোরিন পাওয়া যায়।

$\therefore$ 8 গ্রাম MnO_2 হইতে $\frac{71 \times 8}{87} = 6{\cdot}528$ গ্রাম ক্লোরিন পাওয়া যায়।

(ii) $2KI + Cl_2 \quad = \quad 2KCl + I_2$

$\qquad 2 \times 35{\cdot}5 \qquad\qquad 2 \times 127$

∴ 35·5 গ্রাম ক্লোরিন 127 গ্রাম আয়োডিনকে মুক্ত করে।

∴ 6·528 গ্রাম ক্লোরিন $\frac{127 \times 6{\cdot}528}{35{\cdot}5} = 23{\cdot}35$ গ্রাম আয়োডিনকে মুক্ত করিবে।

3. Find the weight of calcium nitrate formed by treating 60 gms. of calcium oxide with 100 gms. of nitric acid.

$CaO + 2HNO_3 = Ca(NO_3)_2 + H_2O$

$56 \qquad 126 \qquad 164$

∴ 56 গ্রাম CaO 126 গ্রাম HNO_3র সঙ্গে ক্রিয়া করে।

∴ 60 গ্রাম CaO $\frac{126 \times 60}{56} = 135$ গ্রাম HNO_3-এর সঙ্গে ক্রিয়া করে

কিন্তু HNO_3র প্রদত্ত ওজন $= 100$ গ্রাম। সুতরাং HNO_3 কম আছে। 60 গ্রাম CaOর সবটা ক্রিয়া করে না। কম পদার্থের পরিমাণ ধরিয়া গণনা করিতে হইবে। 100 গ্রাম HNO_3 হইতে $\frac{100 \times 164}{126} = 133{\cdot}3$ গ্রাম $Ca(NO_3)_2$ পাওয়া যইবে।

দ্রষ্টব্য। এইরূপ অনেক কম ক্রিয়াশীল পদার্থের পরিমাণের উপর সমস্ত ক্রিয়া নির্ভর করে। সেই পদার্থ নিঃশেষ হইলেই অপর পদার্থ বেশী থাকিলেও ক্রিয়া বন্ধ হইয়া যায়।

4. 1·84 gms. of a mixture of $CaCO_3$ and $MgCO_3$ is strongly heated till no further loss of weight takes place. The residue weighs 0·96 gm. Calculate the percentage composition of the mixture. (A. U. '33 ; M. U. '11)

মনে কর, মিশ্রণে $CaCO_3$র ওজন $= x$ গ্রাম। ∴ $MgCO_3$র ওজন $= (1{\cdot}84 - x)$ গ্রাম।

(i) $CaCO_3 = CaO + O_2$

$\quad 100 \qquad 56$

∴ x গ্রাম $CaCO_3$ হইতে $\frac{56 \times x}{100}$ গ্রাম CaO অবশেষ থাকে।

(ii) $\underset{84}{MgCO_3} = \underset{40}{MgO} + CO_2$

$\therefore$ $(1{\cdot}84 - x)$ গ্রাম $MgCO_3$ হইতে $\frac{40 \times (1{\cdot}84 - x)}{84}$ গ্রাম MgO অবশেষ থাকে।

$$\therefore \quad \frac{56 \times x}{100} + \frac{40(1{\cdot}84 - x)}{84} = 0{\cdot}96 \quad \therefore x = 1$$

$$\therefore \quad CaCO_3\text{-এর } \% \text{ ভাগ} = \frac{1 \times 100}{1\ 84} = 54{\cdot}35$$

$$MgCO_3\text{-এর } \% \text{ ভাগ} = \frac{0{\cdot}84 \times 100}{1{\cdot}84} = 45\ 65.$$

প্রশ্নাবলী

1. Calculate the wt. of iron converted into oxide by the action of 18 gms. of steam. (18 গ্রাম জলীয় বাষ্পের ক্রিয়ায় কতখানি লৌহ তাহার অক্সাইডে পরিণত হইতে পারে তাহা হিসাব মত বাহির কর।) (C. U. 1915). (Ans 42 gms.)

2. You are given 1 gm. of the following substances. You are asked to heat them strongly. Explain that would happen and state the alteration in weight in each case :—(a) $KClO_3$, (b) Mg and (c) Chalk. (নিম্নলিখিত দ্রব্যগুলির এক গ্রাম লওয়া হইল এবং উহাদের প্রবলভাবে উত্তপ্ত করা হইল। তাহাতে কি ঘটিল এবং দ্রব্যগুলির ওজনের কি পরিবর্তন হইল তাহা উল্লেখ কর।) C. U. 1915)

(Ans. (1) Wt. diminishes by 0·39 gm. (b) Mg. burns into MgO in air, and its wt, increases by 0·66 gms. (c) wt. decreases by ·44 gms .).

3. How much $KClO_3$ would you take to prepare 5 gms. of Oxygen ? 5 গ্রাম অক্সিজেন প্রস্তুত করিতে কতখানি পটাসিয়াম ক্লোরেট ব্যবহার করিবে ?) (C. U. 1892) ; (Ans. 12·76 gms.)

4. How much H_2SO_4 is required to decompose 100 gms. of chalk and how much calcium sulphate will be produced ? (100 গ্রাম খড়িমাটি বিয়োজিত করিতে কত খানি সালফিউরিক অ্যাসিড প্রয়োজন হইবে এবং কি পরিমাণ ক্যালসিয়াম সালফেট তাহার সংযোগে উৎপন্ন হইবে ? (C. U.. 1910) ; (Ans. 98 gms. and 136 gms.)

5. 30 gms. of $KClO_3$ are heated to produce oxygen. Hydrogen is generated by the action of H_2SO_4 on Zn. What weight of zinc will be required to generate sufficient hydrogen to completely combine with the oxygen obtained from $KClO_3$? (K=39, Zn=65, Cl=35·5) (30 গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরেট উত্তপ্ত করিয়া অক্সিজেন উৎপন্ন করা হইল। জিঙ্কের উপর সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপাদন করা হইল। সমগ্র অক্সিজেনকে হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত করিয়া জলে পরিণত করিতে হইলে কত গ্রাম জিঙ্ক ব্যবহার করা প্রয়োজন ? (C. U. 1884) ; (Ans. 47·75 gms.)

দ্বাদশ অধ্যায়

[**Course Content :** 1. Familiarity with Bunsen Burner.

2. Manipulation of glass :—Cutting, bending, blowing etc. Fitting up of a simple apparatus e, g. a wash-bottle.

3 Laboratory techniques : (i) extraction, filtration, evaporation, crystallisation, sublimation. (ii) Separation of ingredients of simple mixtures.

4. Determination of the m. p. of ice and wax.

5. Study of the differences between mixture and compound of iron and sulphur.

6. Preparation and simple properties of oxygen and hydrogen.]

ফলিত রসায়ন

(Practical Chemistry)

ফলিত রসায়নের পাঠ্য-স্থচীর বিষয় তত্ত্বীয় (theoretical) রসায়নের পাঠ্য-স্থচীর বিষয়ের মধ্যে অন্তর্ভুক্ত থাকায় তত্ত্বীয় রসায়নের আলোচনার সময় ফলিত রসায়নের পাঠ্য-স্থচীর উল্লেখ করা হইয়াছে। এই সকল বিষয় পুনরুল্লেখ নিস্প্রয়োজন ; যথা ফলিত রসায়নের পাঠ্য-স্থচীর মধ্যে "অক্সিজেনের ও হাইড্রোজেনের প্রস্তুত-প্রণালী ও ধর্ম" (Preparation and Properties of Oxygen and Hydrogen) এই বিষয় আছে কিন্তু তত্ত্বীয় রসায়নের পাঠ্য-স্থচীর মধ্যেও একই বিষয় অন্তর্ভুক্ত। তত্ত্বীয় রসায়নের আলোচনার সময় এই বিষয়গুলি **ফলিত রসায়নের ক্লাসে ছাত্রগণ যেরূপ-ভাবে পরীক্ষা করিবে সেই প্রণালীই নির্দেশ সহকারে আলোচনা করা হইয়াছে।** ফলিত রসায়নের পাঠ্য-স্থচীর বিষয় তত্ত্বীয় রসায়নের আলোচনায় যে অনুচ্ছেদে উল্লিখিত হইয়াছে তাহার নিদর্শন দেওয়া হইল।

১৪৫। ফলিত রসায়নের ক্লাসের নিয়ম (Guidance in Practical Class)

ফলিত রসায়নের ক্লাসে পরীক্ষা (experiment) করিবার সময় ছাত্রদিগের কতকগুলি নিয়ম ও পরামর্শ মানিয়া চলা উচিত। যথা :—

(১) সব সময়েই পরিষ্কার ও পরিচ্ছন্নভাবে শৃঙ্খলার সহিত কাজ করিবে। এই গুণগুলির উপর পরীক্ষার সাফল্য অনেকটা নির্ভর করে।

(২) প্রত্যেক যন্ত্র ব্যবহারের পূর্বে ও পরে ধৌত করিবে।

(৩) ফলিত রসায়নের ক্লাসে তাকের উপর বোতলে সাধারণ বিকারক (reagent) সাজানো থাকে। বোতলগুলি যে ক্রমে (order) সাজানো থাকে ব্যবহারের পরে সঙ্গে সঙ্গে বোতলের মুখে ছিপি দিয়া সেই ক্রমে তাকে বোতলগুলি সাজাইয়া রাখিবে।

(৪) বোতল খুলিয়া ছিপি টেবিলের উপর রাখিবে না। ছিপিকে বাম হাতের আঙুলে ধরিয়া রাখিবে।

(৫) বোতল হইতে তরল ঢালিবার সময়ে লক্ষ্য রাখিবে যেন তরল বোতলের লেবেলের উপর দিয়া গড়াইয়া না পড়ে।

(৬) পরীক্ষা-নলে কোন পদার্থ গরম করিবার সময় পরীক্ষা-নলকে ভাঁজ-করা কাগজ দ্বারা কিংবা চিমটা (holder) দ্বারা ধরিবে। পরীক্ষানলকে একটু কাত করিয়া বুনসেন দীপের অদীপ্ত শিখায় ধরিবে এবং পরীক্ষা-নলকে অল্প নাড়াইতে থাকিবে।

পরীক্ষাগারে অনেক সময় সহজ দাহ্য, বিস্ফোরক ও বিষাক্ত পদার্থ লইয়া কাজ করিতে হয়, সেইজন্য সব সময়েই মনোযোগ সহকারে ও সতর্ক হইয়া কাজ করিবে। ছাত্রগণ পরীক্ষা করিবার সময় পোশাকের উপর বড় তোয়ালে জড়াইয়া লইবে। কাজ শেষ হইলে সাবান দিয়া হাত ধুইবে।

(৮) পরীক্ষা করিবার পূর্বে পরীক্ষার বিষয়-বস্তু সম্পর্কে সম্যকভাবে জানিয়া লইবে। কি পরীক্ষা করিতে হইবে তাহা না বুঝিয়া পরীক্ষা করিলে পরীক্ষা সফল হয় না, অনেক সময় দুর্ঘটনা ঘটে।

(৯) পরীক্ষার সময় যে পাত্র (apparatus) দরকার সেগুলি পরীক্ষার পূর্বে যোগাড় করিয়া রাখিবে।

(১০) পরীক্ষার ফলগুলি প্রত্যহ বাঁধানো খাতায় লিখিয়া রাখিবে। শিক্ষক মহাশয় দ্বারা খাতা স্বাক্ষর করাইয়া লইবে। যে যন্ত্র দিয়া পরীক্ষা করিবে খাতার বাম দিকের সাদা পাতায় তাহার পরিষ্কার ছবি আঁকিবে। খাতার প্রথম পৃষ্ঠায় একটি সূচীপত্র (index) রাখিবে। ডানদিকের পাতায় পরীক্ষার বিষয় ও ফল লিখিবে। পরীক্ষার তারিখ, পরীক্ষার নাম, পরীক্ষার সূত্র (theory), যন্ত্রপাতির নাম, যন্ত্রপাতির বিবরণ, পরীক্ষার পদ্ধতি,

সতর্কতা, পর্যবেক্ষণ, সিদ্ধান্ত পর পর লিখিবে। পরীক্ষার তিনটি অংশ থাকে, (ক) পরীক্ষার যেটুকু কাজ হাতে করিতে হয় তাহা পরীক্ষার মূল অংশ বা **পদ্ধতি** (experiment)। (খ) পরীক্ষার সময় কি পরিবর্তন হয় তাহা ভালরূপে **পর্যবেক্ষণ** (observation) করিবে। (গ) পরীক্ষা হইতে **সিদ্ধান্ত** (inference) করিবে। এই বিষয়গুলি (পরীক্ষা, পর্যবেক্ষণ ও সিদ্ধান্ত) খাতায় লিখিবে।

(১১) কাচদ্রব্য ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করিবার সময় ইহাদের বাহিরে যেন জল না থাকে। রাসায়নিক দ্রব্য খালি হাতে ধরিবে না, কঠিনকে চিমটা দিয়া ধরিবে। ক্লাসে সব সময়ে দাঁড়াইয়া কাজ করিবে। কোন দ্রব্য নষ্ট করিবে না, জলের কল বা গ্যাস-নল কখনও খুলিয়া রাখিবে না। জল ফেলিবার বেসিনে তরল পদার্থ ছাড়া কঠিন পদার্থ ফেলিবে না। বেসিনে ক্ষার বা অ্যাসিড ফেলিয়া জল ঢালিয়া দিবে।

(১২) রাসায়নিক পরীক্ষাগারে প্রায়ই সামান্য দুর্ঘটনা ঘটে। এই দুর্ঘটনাগুলি এড়াইবার চেষ্টা করিবে। যদি এরূপ দুর্ঘটনা ঘটে তবে তাহাদের প্রাথমিক চিকিৎসা (first-aid) সম্পর্কে জানা উচিত। দুর্ঘটনাগুলি এইরূপ :—

(ক) **পোড়া (Burns) ঃ** অসাবধানতাবশতঃ কোন উত্তপ্ত বস্তু ধরিলে হাত পুড়িয়া যাইতে পারে। তাপে হাত পুড়িলে পিক্‌রিক্ অ্যাসিডের দ্রবণ (Picric acid) দ্বারা দগ্ধ স্থান ধুইয়া ফেলিয়া একটু ওলিভ তেলে (Olive oil) কিংবা ভেসেলিনে মিশ্রিত বোরিক অ্যাসিডের (Boric acid) মলম দিবে। কোন অ্যাসিডে হাত পুড়িলে দগ্ধ স্থান প্রথমে জল দিয়া ধুইয়া পরে সোডিয়াম বাইকারবনেট দ্রবণ দিয়া ধুইবে।

(খ) **কাটা (Cuts) ঃ** অনেক সময় কাঁচে বা ছুরিতে হাত কাটিয়া যায়। ক্ষতস্থান জল দিয়া ভালরূপে ধুইয়া টিনচার আয়োডিন (Tincture Iodine) লাগাইবে। যদি ক্ষতস্থান হইতে বেশী রক্তপাত হয় তবে সেইখানে টিনচার বেনজয়েন (Tincture Benzoin) সিক্ত তুলা দিয়া বাঁধিবে।

(গ) **গ্যাসের বিষক্রিয়া (Gas Poisoning) ঃ** কোন বিষাক্ত গ্যাস আঘ্রাণ করিলে মুখ ও চোখ প্রচুর জলে ধুইয়া ফেলিবে। পাতলা অ্যামোনিয়া দ্রবণ আঘ্রাণ করিবে। খোলা জায়গায় কিছুক্ষণ নিশ্বাস লইবে।

১৪৬। ফলিত রসায়নের বিষয়-বস্তু : (১) বুনসেন দীপের সহিত পরিচয় (Familiarity with Bunsen Burner); ১৫ অনুচ্ছেদ দেখ।

গ্যাসের জ্বলনাঙ্ক (Ignition Point) : বুনসেন দীপে গ্যাস প্রবেশ করিলেই ইহা জ্বলে না। ইহাকে জ্বালাইতে হইলে জ্বলন্ত দিয়াশালাই দীপের মুখে ধরিতে হয়, কেন? দাহ্য বস্তুকে জ্বালাইতে হইলে প্রথমে ইহাকে এমন একটি উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিতে হইবে, যে উষ্ণতায় দহন-কার্য আরম্ভ হইলে দহনে উৎপন্ন তাপই বস্তুকে উপরোক্ত উষ্ণতায় রাখিয়া দেয়। এই উষ্ণতাকে **জ্বলনাঙ্ক** বলে। উষ্ণতা জ্বলনাঙ্ক অপেক্ষা কম হইলে কোন দাহ্য পদার্থ জ্বলে না। বিভিন্ন দাহ্য পদার্থের জ্বলনাঙ্ক বিভিন্ন হয়। কাগজের জ্বলনাঙ্ক কয়লার জ্বলনাঙ্ক অপেক্ষা অনেক কম। ফস্‌ফরাসের জ্বলনাঙ্ক বায়ুর সাধারণ তাপমাত্রার অপেক্ষা কম বলিয়া ইহাকে বায়ুতে রাখিলেই জ্বলিয়া উঠে।

বুনসেন দীপের গ্যাস খুলিয়া দিয়া দীপের কিছু উপরে তারজালি রাখিয়া জালির উপরে জ্বলন্ত কাঠি দ্বারা গ্যাসে অগ্নিসংযোগ করিলে গ্যাস তার জালির উপরে জ্বলে, নীচে জ্বলে না। আবার তার জালির নীচে গ্যাসে অগ্নিসংযোগ করিলে গ্যাস তার জালির নীচে জ্বলে কিন্তু উপরে জ্বলে না; কেন? লোহা তাপের সুপরিবাহী। সুতরাং লোহার জাল তাপ টানিয়া লয়। প্রথম ক্ষেত্রে নীচের গ্যাস, দ্বিতীয় ক্ষেত্রে উপরের গ্যাস জ্বলনাঙ্ক পর্যন্ত উত্তপ্ত হয় না।

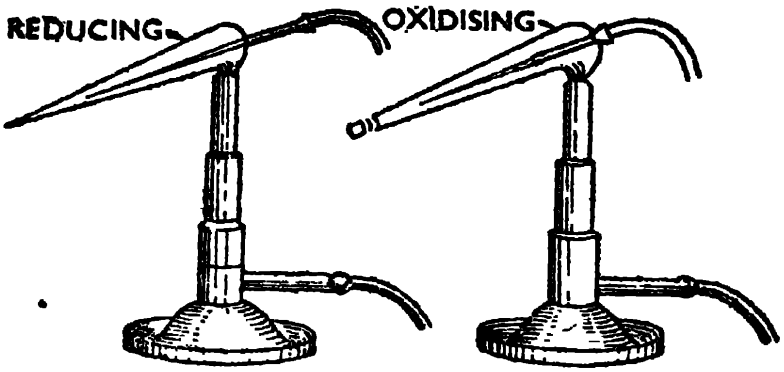
পরীক্ষা (ক) : একটি বুনসেন দীপের দীপ-নলের স্ক্রু ঘুরাইয়া খুলিয়া ফেল। ইহার বিভিন্ন অংশগুলি পরীক্ষা করিয়া খাতায় আঁক। পুনরায় বিভিন্ন অংশগুলি যুক্ত কর। তৎপরে রবার-নল দ্বারা দীপ-নলের পার্শ্ব নলকে গ্যাস-নলের সহিত যুক্ত কর। গ্যাস-নলের প্যাঁচকল (stop-cock) খুলিয়া দাও। দীপ-নলে গ্যাস প্রবেশ করে। দীপের মুখে জ্বলন্ত দিয়াশালাই-কাঠি ধর। দীপের মুখে গ্যাস জ্বলে। একটি তেপায়ার (tripod stand) উপর তারজালি রাখ। তারজালির উপর একটি বীকারে জল গরম কর। আংটা ঘুরাইয়া দীপের শিখাকে অদীপ্ত কর।

বুনসেন দীপের শিখার পরীক্ষা : দীপ্ত শিখা (Luminous Flame)

পরীক্ষা	পর্যবেক্ষণ	সিদ্ধান্ত
1. আংটি ঘুরাইয়া বায়ু ছিদ্র বন্ধ কর। গ্যাস খুলিয়া দাও। দীপ-নলের মুখে গ্যাস জ্বালাও।	দীপ দীপ্ত শিখায় জ্বলে। এই শিখার বাহির হইতে পর পর চারিটি অংশ থাকে।	
	(i) বহিরাংশে অপ্রশস্ত অল্প দীপ্ত নীলাভ শিখা (d)।	(i) বহিরাংশ বায়ুর সংস্পর্শে পূর্ণদগ্ধ হয়। (Zone of complete combustion)।
	(ii) প্রশস্ত শিখা (c)	(ii) গ্যাসের অসম্পূর্ণ দহনের (incomplete combustion) ফলে কারবন কণার জন্য কালো দেখায়।
	(iii) দীপ-নলের মুখে প্রশস্ত কালো অংশ (b)।	(iii) কালো অংশ অদগ্ধ গ্যাস (Zone of no combustion)।
	(i) দীপ-নলের মুখের কাছাকাছি ছোট নীলাভ শিখা (a)।	(iv) পূর্ণদগ্ধ গ্যাসের শিখা।
2. c শিখায় কাচদণ্ড ধর।	কাচদণ্ডে কালি পড়ে।	অদগ্ধ অংশে কারবন কণা কাচদণ্ডে জমিয়া কালো করে।
3. b কালো অংশে চিমটা দিয়া ফাঁপা কাচ-নল ধর। নলের অপর মুখে জ্বলন্ত কাঠি ধর।	কাচনলের অপর মুখে গ্যাস জ্বলে।	কালো অংশের অদগ্ধ গ্যাস-নলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত হইয়া অপর মুখে বাহির হইয়া জ্বলে।
4. b কালো শিখায় দিয়াশালায়ের কাঠির মাথা প্রবেশ করাও।	ইহা তৎক্ষণাৎ জ্বলিয়া উঠে না।	বায়ুর পরিমাণ কম হওয়ায় ইহা জ্বলে না।

অদীপ্ত শিখা (**Non-Luminous Flame**) : (ক) আংটি ঘুরাইয়া বায়ু-ছিদ্র খোল। শিখা অদীপ্ত হয়। শিখা ছোট হয়। ক্রমশঃ (b) ও (c) অংশ ছোট হয়। তৎপরে (c) অংশ একেবারে অন্তর্হিত হয়। এই শিখার মধ্যেকার নীল বর্ণের অংশকে **বিজারক অংশ** (Reducing Zone) বলে। বাহিরের অতি নীল-বর্ণের অংশকে **জারক অংশ** (Oxidising Zone) বলে।

(খ) একটি ফুৎ-নলের (blow pipe) শেষপ্রান্তকে শিখার ঠিক মাঝখানে ধর। অপর প্রান্তে মুখ দিয়া খুব জোরে ফুঁ দাও। শিখা বাঁকিয়া যায়। এইবার যে শিখা পাওয়া যায় তাহা **জারক শিখা** (Oxidising flame)। এই শিখায় টিন, সীসা প্রভৃতিকে উত্তপ্ত কর। ইহাদের অক্সাইড পাওয়া যায়।



৮৪নং চিত্র ৮৫নং চিত্র

(গ) ফুৎ-নলের শেষ প্রান্তকে শিখার ঠিক বাহিরে মূলদেশে রাখিয়া খুব ধীরে ধীরে ফুঁ দাও। এইবার যে শিখা পাওয়া যায় তাহা **বিজারক শিখা** (Reducing flamo); এই শিখায় ধাতব অক্সাইড রাখিয়া উত্তপ্ত করিলে ইহারা বিজারিত হইয়া ধাতুতে পরিণত হয়।

(ঘ) অদীপ্ত শিখায় ভুষামাখানো কাচদণ্ড ধর। ভুষা পুড়িয়া যায় এবং কাচদণ্ড লাল হয়।

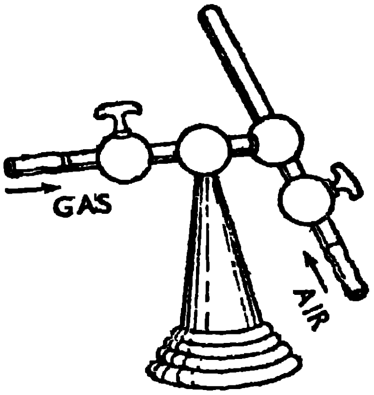
(ঙ) একটি প্লাটিনাম তার শিখার গোড়া হইতে আগা পর্যন্ত অনুভূমিক-ভাবে লইয়া যাও। যখন তার শিখার একেবারে আগায় পৌছায় তখন ইহা আগুনে লাল হয়। সুতরাং শিখার আগাই উষ্ণতম অংশ।

(চ) কোন কোন লবণের হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের দ্রবণে প্লাটিনাম তারের অগ্রভাগ ডুবাইয়া অদীপ্ত শিখার গোড়ায় ধর। শিখার তাপে লবণ

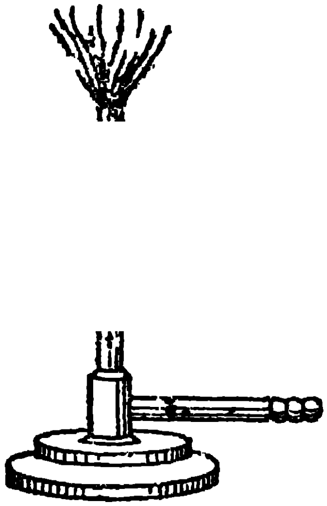
বাষ্পীভূত হইয়া শিখার বর্ণ রঙিন করে। শিখার বর্ণ দেখিয়া লবণের ধাতু ধরা যায়। ইহাকে **শিখা-পরীক্ষা** (Flame Test) বলে।

অনেক সময় কাচকে গলাইতে এবং উচ্চ উষ্ণতায় কোন দ্রব্যকে গরম করিতে পদচালিত হাপর (foot-bellow) ব্যবহৃত হয়।

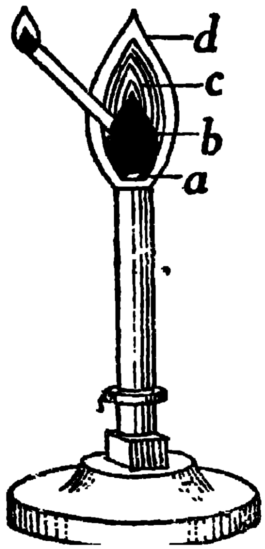
চওড়া শিখা উৎপন্ন করিবার জন্য দীপ-নলের মুখ চওড়া করা হয়। এইরূপ শিখাকে **মীনপুচ্ছ** (Fish tail) বা **বাদুড়-পাখা** (Bat's wing) **শিখা** বলে।



৮৬নং চিত্র—হাপর



৮৭নং চিত্র—মীনপুচ্ছ শিখা

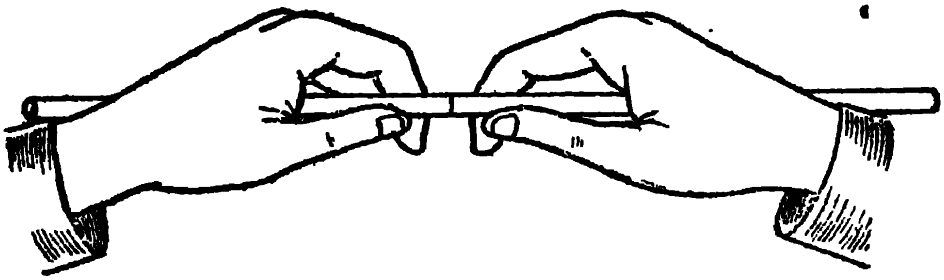


৮৮নং চিত্র—বুনসেন দীপের শিখা

১৪৭। কাচের নলের বিভিন্ন ব্যবহার (Manipulation of glass tube)

(ক) **সরু কাচনল কাটা** (Cutting a narrow glass tube): **পরীক্ষা** (E): একটি সরু কাচনলকে টেবিলের উপর তোমার সামনে লম্বালম্বিভাবে রাখ। বাম হাতে নলটিকে ধরিয়া ডান হাতে ত্রিকোণাকার উখার (triangular file) খর ধার দিয়া যে স্থানে নলটিকে কাটিতে হইবে সেই স্থানে একই দিকে (direction) একটু জোরে দুই-একবার আঁচড় কাট। এখন নলটিকে অনুভূমিকভাবে দুই হাতে ধরিয়া আঁচড়ের দুই ধারের

কাছাকাছি বুড়া আঙুল দিয়া সামান্য জোরে চাপ দাও এবং সঙ্গে সঙ্গে দাগের দুই দিক তোমার দিকে টানিয়া ধর। নলটি ঠিক আঁচড়ের স্থানে দুই অংশে ভাগ হয়।



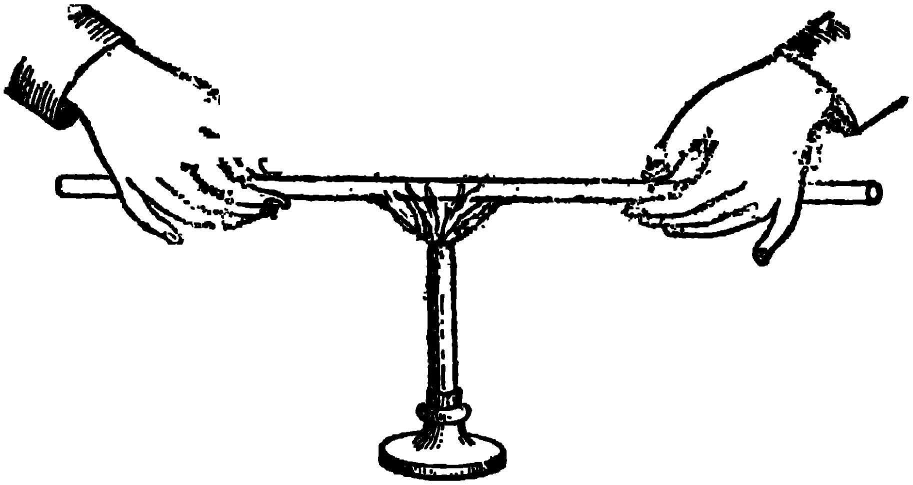
৮৯নং চিত্র—কাচনল কাটা

(খ) **কাচনলের ধারগুলি মসৃণ করা** (Rounding sharp edges of a glass tube) ঃ **পরীক্ষা** (E) ঃ নলের প্রান্তকে দীপের শিখার উষ্ণতম অংশে ধরিয়া কিছুক্ষণ ঘোরাও। প্রান্তগুলি লোহিত বর্ণ হয় এবং গলিয়া মসৃণ হইয়া যায়। নলের প্রান্তকে বেশীক্ষণ শিখায় রাখিবে না। ইহাতে নলের মুখ বন্ধ হইয়া যাইতে পারে। নলকে ঠাণ্ডা হইবার জন্য অ্যাসবেস্টসের টুকরার উপর রাখিবে। টেবিলের উপর রাখিলে টেবিলের কাঠ পুড়িয়া যাইবে কিংবা নলে ঠাণ্ডা জল ঢালিলে নল ফাটিয়া যাইবে। নলের ধারগুলি মসৃণ না হইলে কোন বোতলের ছিপির মধ্য দিয়া ঢুকাইতে হইলে বোতলের ছিপি কাটিয়া যাইবে কিংবা ধৌত-বোতল ব্যবহার করিবার সময় ঠোঁট কাটিয়া যাইবে।

(গ) **সরু মুখযুক্ত নল প্রস্তুত করা** (Drawing out a jet) ঃ **পরীক্ষা** (E) ঃ বুনসেন দীপের শিখায় একটি সরু কাচনলকে অনুভূমিক-ভাবে ধরিয়া সমানভাবে ঘুরাইতে থাক যতক্ষণ না ইহা লোহিতবর্ণ ও নরম হয়। শিখা হইতে ইহাকে সরাইয়া দুই প্রান্ত দুই হাতে ধরিয়া নলটিকে সমানভাবে ও সোজাভাবে ধীরে ধীরে টান যতক্ষণ পর্যন্ত ইহার প্রস্থচ্ছেদ কমিয়া না যায়। সাবধান, যেন নলের দুই অংশ পৃথক না হয়। অ্যাস্‌বেস্টসের টুকরার উপর রাখিয়া ইহাকে শীতল কর। উখার দ্বারা সরু অংশের মাঝখান কাট। ইহার প্রান্ত (খ) প্রক্রিয়ার মত মসৃণ কর। ড্রপার প্রস্তুত করিতে ঐরূপ সরু মুখযুক্ত নল দরকার।

(ঘ) **কাচনল বাঁকানো** (Bending a glass tube) ঃ **পরীক্ষা** (E) ঃ একটি মীনপুচ্ছ (fish tail) দীপের (burner) চওড়া শিখায় কাচনলকে দুই

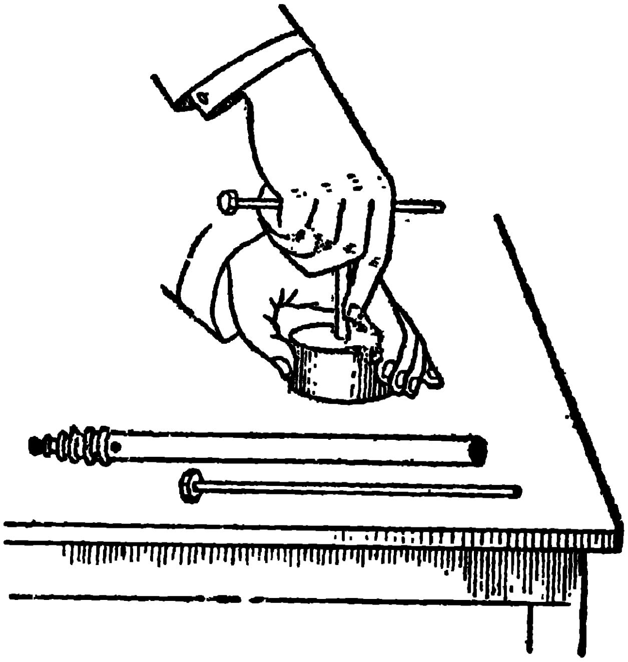
হাতে অনুভূমিকভাবে ধরিয়া অনবরত ঘুরাইতে থাক যাহাতে নলের দুই ইঞ্চি পরিমাণ স্থান সমানভাবে উত্তপ্ত হয়। যখন উত্তপ্ত স্থানটি খুব লাল ও নরম হয় তখন নলকে অ্যাস্‌বেস্টস বোর্ডের উপর রাখিয়া ঠাণ্ডা প্রান্ত ধরিয়া ধীরে ধীরে নির্দিষ্ট কোণে নলকে বাঁকাও। যে কোণে নললে বাঁকাইতে হইবে অ্যাস্‌বেস্‌টস বোর্ডের উপর সেইরূপ কোণ পেন্সিল দিয়া পূর্বে আঁকিয়া লইলে ভাল হয়। নলকে অ্যাস্‌বেস্‌টস বোর্ডের উপর রাখিয়া বাঁকাইলে দুই বাহু একই তলে থাকিবে। গরম নলের উপর ভুষার স্তর জমিয়া থাকিলে ইহাকে কাগজ বা ন্যাকড়া দিয়া পরিষ্কার করিবে।



৯০নং চিত্র—কাচনল বাঁকানো

১৪৮। **ছিপিকে ছিদ্র করা** (Boring a cork or a rubber stcpper) **পরীক্ষা** (E)ঃ যে বোতলের মুখে ছিপি লাগাইতে হইবে সেই বোতলের মুখের চেয়ে একটু বড় ছিপি বাছিয়া লও যাহাতে ছিপির এক-তৃতীয়াংশের অধিক বোতলের মুখে প্রবেশ না করে। জল দিয়া ছিপিকে সামান্য ভিজাইয়া লও। ছিপি-প্রেসের (cork-squeezer) মধ্যে রাখিয়া ইহাকে চাপিয়া নরম কর—সাবধান যেন ছিপি ভাঙিয়া না যায়। টেবিলের উপর ছিপির মোটা দিক রাখিয়া বাম হাতে ছিপিকে জোরে ধর। যে নলকে ছিপির মধ্যে প্রবেশ করাইতে হইবে ইহার ব্যাসের চেয়ে একটু ছোট-ছিদ্র-বিশিষ্ট ছিপি-ছেদক (cork borer) বাছিয়া লও। ছেদকের ধারালো প্রান্ত জলে ডুবাও। ছেদকের উপর দিকে ছিদ্রের ভিতর হাতল ঢোকাও। এইবার ডান হাতে ছেদকের হাতল ধরিয়া ইহার ধারালো প্রান্ত ছিপির সরু দিকে লম্বভাবে রাখিয়া ধীরে ধীরে ছেদককে ঘোরাও যতক্ষণ ইহা ছিপির প্রায়

শেষপ্রান্ত পর্যন্ত না পৌঁছায়। ছেদক টানিয়া লও। ছিপির বিপরীত দিকে ঠিক জায়গায় ছেদক ঘুরাইয়া ছিদ্র সম্পূর্ণ কর। রবারের ছিপিতে ছিদ্র করিবার সময় ছেদককে কস্টিক সোডা দ্রবণে ডুবাইয়া লইতে হয়। বিভিন্ন ব্যাসের কয়েকটি ছেদক এক সঙ্গে থাকে।



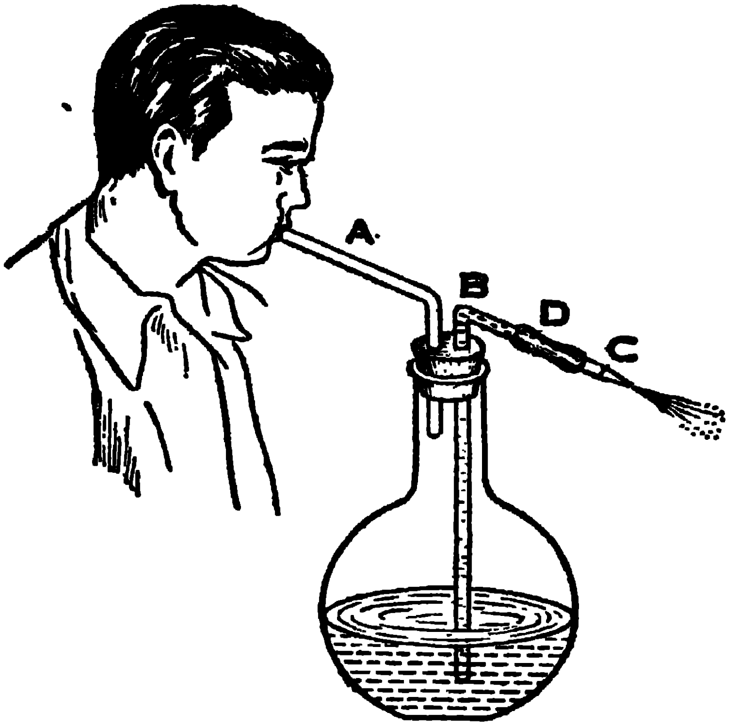
৯১নং চিত্র—ছিপি-ছিদ্রকরণ : নীচে ছিপি-ছেদক ও হাতল

১৪৯। ধৌত-বোতল গঠন (Fitting up a wash-bottle) : পরীক্ষাগারে অনেক যন্ত্র পাতিত জল দ্বারা ধুইবার প্রয়োজন হয়। সেইজন্য হাতের কাছে একটি ধৌত-বোতল সব সময়েই রাখা সুবিধাজনক। ধৌত-বোতল গঠন করিবার জন্য নিম্নলিখিত প্রণালী অবলম্বন করিতে হয়—

(চ) **ধৌত-বোতল গঠন প্রণালী ঃ যন্ত্রপাতি ঃ** 500 ঘঃ সেঃ মিঃ আয়তনের চওড়া তলা বিশিষ্ট ফ্লাস্ক, কাচনল, রবার নল, সরুমুখযুক্ত ছোট কাচনল।

পরীক্ষা (E) ঃ (ক) একটি চওড়া-তলাবিশিষ্ট 500 ঘঃ সেঃ মিঃ আয়তনের ফ্লাস্ক লও। (খ) 2 মিঃ মিঃ ব্যাসের ছিদ্রবিশিষ্ট দীর্ঘ কাচনল লও। ইহা হইতে ১২ (ক) পরীক্ষামত প্রায় 30 সেঃ মিঃ দীর্ঘ (ফ্লাস্কের দৈর্ঘ্যের প্রায় দেড়গুণ), 15 সেঃ মিঃ দীর্ঘ (ফ্লাস্কের দৈর্ঘ্যের $\frac{3}{4}$ গুণ) ও 10 সেঃ মিঃ দীর্ঘ তিনটি খণ্ড কাট। (গ) ইহাদিগের ধারগুলি ১৪৭ (খ) নং পরীক্ষামত মসৃণ কর। (ঘ) প্রথমে (ঙ) নং পরীক্ষামত প্রথম নলের একপ্রান্ত হইতে প্রায় 6 সেঃ মিঃ দূরত্বে প্রায় 60° কোণে নলকে বাঁকাও এবং দ্বিতীয় নলের প্রায় মাঝখানে প্রায় 120° কোণে নলকে বাঁকাও। তৃতীয় নলের মাঝখানে (গ) নং পরীক্ষামত সরু নল (jet) প্রস্তুত কর। এই নলকে ঠাণ্ডা হওয়ার পর জল দিয়া ভালরূপে ধৌত করিয়া শুষ্ক কর। ফ্লাস্কের মুখে আঁটভাবে বসে এইরূপ একটি ছিপি বাছিয়া লও। ১৪৮ নং পরীক্ষামত ছিপিকে ছিপি-

প্রেসে চাপিয়া ছিপির মধ্য দিয়া পাশাপাশি দুইটি ছিদ্র কর। (চ) দুইটি বাঁকানো নলকে একটু জলে সিক্ত করিয়া ছিপির ছিদ্রের মধ্য দিয়া (চিত্রে প্রদর্শিত মত) ঢোকাও। এইরূপে বড় B নলের ছোট D বাহু এবং মাঝারি নলের বড় A বাহু বাহিরে একই সরল রেখায় এবং একই তলে থাকে। নলকে রুমাল দিয়া ধরিয়া ধীরে ধীরে ঘুরাইয়া ঘুরাইয়া ছিপির ছিদ্রে একটু জল দিয়া ছিপিতে ঢোকাও। নলসমেত ছিপিকে ফ্লাস্কের মুখে প্রবেশ করাও। দেখিবে, দীর্ঘ নলের শেষপ্রান্ত ফ্লাস্কের প্রায় তলায় পৌঁছায়। ছোট নলটির প্রান্ত ছিপির একটু নীচে পর্যন্ত যায়। দীর্ঘ নলের বাহিরের প্রান্ত রবারনল দিয়া সরু নলের (jet) সঙ্গে যুক্ত কর। রবার নল নমনীয় (flexible) বলিয়া ধৌত করিবার সময় ইহার সাহায্যে সরু- নলকে যে-কোন দিকে ঘোরানো যায়।



৯২নং চিত্র—ধৌত-বোতল গঠন করা

ধৌত-বোতল সম্পূর্ণ বায়ু-নিরুদ্ধ (air-tight) হওয়া প্রয়োজন। ফ্লাস্কের অর্ধেকটা পাতিত জল দ্বারা ভর্তি কর। ফ্লাস্কের মুখে নলসমেত ছিপি লাগাও। ছোট নলের মুখে ফুঁ দাও। ইহাতে জলের উপরে চাপ পড়ে সেইজন্য জল দীর্ঘ নল বাহিয়া উপরের দিকে উঠিয়া সরু নল দিয়া বাহির হইয়া যায়। মুখ সরাইয়া তৎক্ষণাৎ খোলা প্রান্ত আঙুল দিয়া চাপিয়া ধরিলে দীর্ঘ নলের জলতল এক স্থানে থাকে। ইহাতে বোঝা যায় বোতল বায়ুনিরুদ্ধ হইয়াছে।

১৫০। (ক) **কাচনল লইয়া অন্যান্য পরীক্ষা**: (i) **কাচে ফুৎকার্য** (**Glass blowing**): 5-6 মিটার ব্যাসের ছিদ্রবিশিষ্ট সরু কাচনলের এক মুখ বুনসেন দীপের প্রদীপ্ত শিখায় ধরিয়া ধীরে ধীরে ঘুরাইতে থাক। কিছুক্ষণ পরে নলের মুখ লাল ও নরম হইয়া জুড়িয়া যাইবে। এইবার এই অবস্থায়

নলকে শিখা হইতে সরাইয়া নলের অপর মুখে সামান্য ফুঁ দাও। ইহাতে নলের প্রান্ত গোল হয়। ইহাকে কয়েকবার গরম ও নরম করিয়া ফুঁ দিলে শেষে নলের মুখে একটি গোল বালব্ (bulb) প্রস্তুত হয়।

(ii) **দুই নলকে জোড়া দেওয়া :** একই ব্যাসের দুইটি কাচ-নলের টুকরা লও। একটি টুকরার একটি মুখ একটি কর্ক দিয়া বন্ধ কর। বন্ধ মুখটি এক হাতে ধরিয়া অপর হাতে কাচনলের দ্বিতীয় টুকরাটি ধর। এইবার মুখোমুখি দুইটি প্রান্ত দীপশিখায় ঘুরাইয়া ঘুরাইয়া উত্তপ্ত করিয়া লাল ও নরম কর। এখন সাবধানে উত্তপ্ত মুখ দুইটি একসঙ্গে চাপিয়া ধর। ইহার ফলে মুখ দুইটি জোড়া লাগিবে। এইবার খোলা মুখে ফুঁ দাও। দুই মুখ সম্পূর্ণরূপে জোড়া লাগিলে নল দিয়া বাতাস বাহির হইবে না।

(iii) **কাচে ছিদ্র করা :** এক হাতে কাচনলে যে-স্থানটিতে ছিদ্র করিতে হইবে সেই স্থানকে দীপশিখায় লাল ও নরম কর। অপর হাতে একটি সরু কাচদণ্ডের একপ্রান্ত একই সঙ্গে দীপশিখায় গরম কর। এইবার কাচদণ্ডের নরম প্রান্ত কাচনলের উত্তপ্ত স্থানে লাগাইলে কাচে কাচ জুড়িয়া যাইবে। কাচদণ্ড ধরিয়া টানিয়া লও। ইহাতে কাচনলের গা হইতে খানিকটা কাচ লম্বা হইয়া বাহির হইয়া যাইবে। শীতল হইলে কাচনলের গা হইতে বহির্গত অংশটি কাটিয়া দাও। নলের গায়ে একটি ছিদ্র হইবে।

১৫১। **পরীক্ষাগার প্রণালী** (Laboratory Techniques) : দ্রবণ, নিষ্কাষন, পরিস্রাবন, বাষ্পীভবন, কেলাসন, পাতন প্রভৃতি প্রণালী। এই সকল প্রণালী তৃতীয় অধ্যায়ে বিশদভাবে বর্ণিত হইয়াছে।

পরীক্ষা : (১) **দ্রবণ :** বীকারে তুঁতের সংপৃক্ত দ্রবণ প্রস্তুত কর। (১৭ অনুচ্ছেদ)

(২) **বাষ্পীভবন :** তুঁতের সংপৃক্ত দ্রবণকে খর্পরে বাষ্পীভূত কর। (২৩ „)

(৩) **পরিস্রাবণ :** জল হইতে খড়িমাটিকে পরিস্রাবণ প্রণালীতে পৃথক কর। (১৯(গ) „)

(৪) **কেলাসন** (i) তুঁতেকে জলে দ্রবীভূত করিয়া কেলাসিত কর। (২৯ „)

(ii) গন্ধককে বেসিনে গলাইয়া তৎপরে ধীরে ধীরে কেলাসিত কর। (২৯ „)

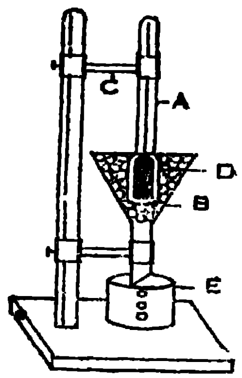
(৭) **ঊর্দ্ধপাতন** : মিশ্রণ হইতে বালি, কর্পূর ও চিনিকে পৃথক কর। (২৩ অনুচ্ছেদ)

(৮) **নিষ্কাশন** : পৃথকীকরণ ফানেল দ্বারা আয়োডিনের জলীয় দ্রবণ হইতে ইথারের সাহায্যে আয়োডিনকে পৃথক কর। (৩১ ")

১৫২। বরফের গলনাঙ্ক নির্ণয় (Determination of the melting point of ice) **যন্ত্রপাতি** : ফানেল, বীকার, থার্মমিটার, রিটর্ট দণ্ড।

সূত্র : সাধারণ চাপে যে উষ্ণতায় বরফ গলে তাহাকে বরফের গলনাঙ্ক বলে।

পরীক্ষা (E) : একটি রিটর্ট দণ্ডে আংটা লাগাইয়া ইহার মধ্যে একটি B ফানেল বসাও। A সেন্টিগ্রেড থার্মমিটারকে খাড়াভাবে উক্ত ফানেলের মধ্যে আল্‌গাভাবে রাখিয়া C বন্ধনী (clamp) দিয়া দণ্ডের সঙ্গে আটকাইয়া দাও। থার্মমিটারের কুণ্ডের (bulb) চারিপাশে পরিস্রুত জল দ্বারা ধৌত বরফের গুঁড়া D চাপিয়া দাও। বরফ গলিয়া জল হইলে সেই জল ফানেলের নীচে E পাত্রে পড়ে।



৯৩নং চিত্র—বরফের গলনাঙ্ক নির্ণয়

পর্যবেক্ষণ : থার্মমিটারের পারদ শৈত্যে ক্রমশঃ সংকুচিত হইয়া নীচে নামিতে নামিতে 0° চিহ্নে আসিয়া স্থির হয়। যতক্ষণ পর্যন্ত সমস্ত বরফ না গলে ততক্ষণ পর্যন্ত পারদ-স্তম্ভ 0°তে স্থির থাকে। দেখিবে, যেন 0° চিহ্ন বরফের মধ্যে থাকে।

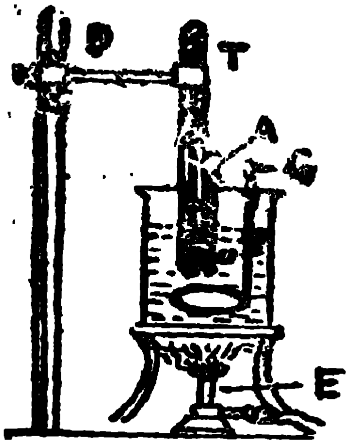
সিদ্ধান্ত : 0°C বরফের গলনাঙ্ক। ইহা আবার জলের হিমাঙ্ক (freezing point)।

১৫৩। মোমের গলনাঙ্ক নির্ণয় (Determination of the melting point of wax) : **কৈশিক-নল প্রক্রিয়া** (Capillary Tube Method) :

যন্ত্রপাতি : থার্মমিটার, কর্ক, সরু কাচনল, বুনসেন দীপ, তারজালি, লৌহদণ্ড, বন্ধনী (clamp), তেপায়া, বীকার।

পরীক্ষা (E)—সরু-রন্ধ্র বিশিষ্ট কাচনলকে তীব্র আগুনে (যথা, ফুৎশিখায়—blowpipe flame) নরম করিয়া তাড়াতাড়ি দৈর্ঘ্য বরাবর টানিয়া কাচনলকে কৈশিক নলে পরিণত কর। এই নল হইতে 10 সেঃ মিঃ দীর্ঘ একটি টুকরা

কাটিয়া লও। নলের একটি মুখ দীপশিখায় উত্তপ্ত করিয়া গলাইয়া বন্ধ কর। ছুরি দিয়া চাঁচিয়া মোমের গুঁড়া প্রস্তুত কর। কৈশিক নলে অল্প চূর্ণ মোম ঢোকাও। একটি T থার্মোমিটারের কুণ্ডের সঙ্গে কৈশিক নলকে রবার আংটা দিয়া আটকাও। থার্মমিটারকে একটি বীকারের জলে (water-bath) সাবধানে ডুবাও যেন সব সময়েই কৈশিক নলের খোলামুখ জলের উপর থাকে কিন্তু কৈশিক নলের মধ্যের কঠিন পদার্থের সবটা জলের মধ্যে থাকে। এই অবস্থায় থার্মমিটারকে বন্ধনী D দিয়া দণ্ডের সঙ্গে আটকাও। বীকারকে তেপায়ার উপর স্থাপিত তারজালির উপর রাখ। E দীপ দ্বারা জলকে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত কর এবং G আলোড়ক দিয়া জলকে উপর-নীচে নাড়িতে থাক।



৯৪নং চিত্র—মোমের গলনাঙ্ক নির্ণয়

পর্যবেক্ষণ: একটি উষ্ণতায় অস্বচ্ছ কঠিন মোম স্বচ্ছ তরলে পরিণত হয়। এই উষ্ণতা নির্ণয় কর ; এই সময়ে মনে হইবে কৈশিক নলে কিছুই নাই। দীপ সরাইয়া লও। একটি উষ্ণতায় স্বচ্ছ তরল মোম আবার অস্বচ্ছ কঠিনে পরিণত হয়। ইহা নির্ণয় কর।

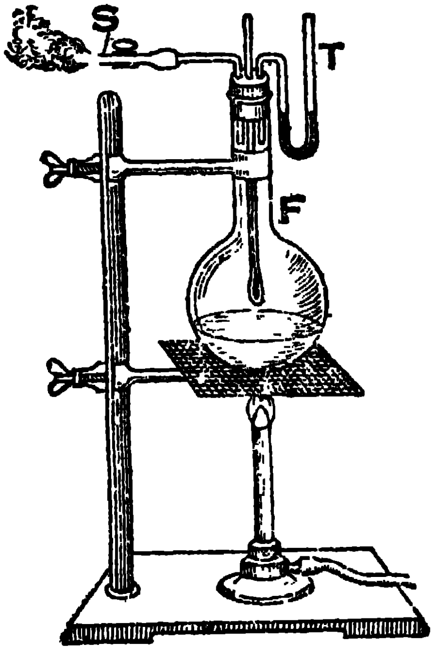
সিদ্ধান্ত: এই দুই উষ্ণতার গড় মোমের গলনাঙ্ক হইবে। এই দুই উষ্ণতার—গলনাঙ্কের ও হিমাঙ্কের—পার্থক্য $\frac{1}{2}^\circ$র বেশী হয় না। পুনরায় জল ধীরে ধীরে উত্তপ্ত কর। মোম গলিতে আরম্ভ করিলে দীপ সরাইয়া লও। উষ্ণতা লক্ষ্য কর। পুনরায় উহাকে শীতল হইতে দাও। কঠিন হইলে উষ্ণতা লক্ষ্য কর। এইরূপ কয়েকবারের পঠনের গড় উষ্ণতা বাহির কর। ইহাই মোমের গলনাঙ্ক।

১৫৪। জলের স্ফুটনাঙ্ক নির্ণয় (Determination of the boiling point of water):

সূত্র: নির্দিষ্ট চাপে যে নির্দিষ্ট উষ্ণতায় তরল ফোটে তাহাকে সেই তরলের স্ফুটনাঙ্ক বলে।

যন্ত্রপাতি: থার্মমিটার, গোল তলা ফ্লাস্ক, বাঁকানো U-নল, কর্ক, রিটর্ট দণ্ড, তারজালি, আংটা, বন্ধনী, বুনসেন দীপ।

পরীক্ষা একটি গোলতলা-বিশিষ্ট F ফ্লাস্কের অর্ধেকটায় পাতিত জল লও। ফ্লাস্কের মুখ একটি কর্ক দ্বারা বন্ধ কর। কর্কে পূর্ব হইতে তিনটি ছিদ্র কর। মধ্যের ছিদ্র দিয়া সেন্টিগ্রেড থার্মমিটার, দ্বিতীয় ছিদ্র দিয়া বাঁকানো বাষ্পনির্গম নল ও তৃতীয় ছিদ্র দিয়া T U-নল বা চাপ-মাপক (manometer) ফ্লাস্কের ভিতর প্রবেশ করাও। থার্মমিটারটি এমনভাবে রাখ যাহাতে থার্মমিটারের কুণ্ড জলের ঠিক উপরে থাকে কিন্তু জলকে স্পর্শ না করে। ফ্লাস্ককে তারজালির উপর রাখিয়া বুনসেন দীপ দ্বারা গরম কর। একটি উষ্ণতায় জল ফোটে। সেই উষ্ণতায় থার্মমিটারের পারদ 100°C চিহ্নে স্থির হইয়া থাকে। এই উষ্ণতাকে **স্ফুটনাঙ্ক** বলে। চাপমাপক দিয়া দেখা যায় বায়ুমণ্ডলের চাপ = ভিতরের বাষ্পের চাপ।



৯৫নং চিত্র—জলের স্ফুটনাঙ্ক নির্ণয়

গন্ধক ও লৌহচুরের পৃথকীকরণ ঃ

এই পৃথকীকরণের প্রণালী অনুচ্ছেদে বর্ণিত হইয়াছে।

অক্সিজেনের প্রস্তুতি ঃ পরীক্ষাগার প্রণালী ঃ

৬৯ অনুচ্ছেদের প্রণালী অনুসারে অক্সিজেন প্রস্তুত কর।

অক্সিজেনের ধর্ম পরীক্ষা ঃ

(৭১নং অনুচ্ছেদ প্রণালী অনুসারে অক্সিজেনের ধর্মের পরীক্ষা কর।)

হাইড্রোজেনের প্রস্তুতি ঃ পরীক্ষাগার প্রণালী ঃ

(১২১নং অনুচ্ছেদ অনুসারে হাইড্রোজেন প্রস্তুত কর।)

হাইড্রোজেনের ধর্ম পরীক্ষা ঃ

(১২৫নং অনুচ্ছেদ অনুসারে হাইড্রোজেনের ধর্ম পরীক্ষা কর।)

কতক গুলি প্রয়োজনীয় ফরমুলা

জল—H_2O
সোডিয়ম ক্লোরাইড—$NaCl$
সালফিউরিক অ্যাসিড—H_2SO_4
হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড—HCl
নাইট্রিক অ্যাসিড—HNO_3
কারবন ডাই-অক্সাইড—CO_2
কারবন মনোক্সাইড—CO
অ্যামোনিয়া—NH_3
অ্যামোনিয়াম সালফেট—$(NH_4)_2SO_4$
অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড—
(নিশাদল)—NH_4Cl
অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট—NH_4NO_3
হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড—H_2O_2
সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড
(কস্টিক সোডা)—$NaOH$
পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড
(কস্টিক পটাশ)—KOH
ক্যালসিয়াম অক্সাইড (চুন)—CaO
ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড
(কলিচুন)—$Ca(OH)_2$
ক্যালসিয়াম কারবনেট
(খড়িমাটি)—$CaCO_3$
পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট্—$KMnO_4$
ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড—MnO_2
কপার সালফেট (তুঁতে)—$CuSO_4, 5H_2O$
বেরিয়াম ক্লোরাইড—$BaCl_2$
ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড—$MgCl_2$

সিলভার ক্লোরাইড—$AgCl$
সিলভার নাইট্রেট—$AgNO_3$
জিঙ্ক সালফেট—$ZnSO_4$
ফেরাস সালফেট—$FeSO_4$
হাইড্রোজেন সালফাইড—H_2S
পটাসিয়াম ক্লোরেট—$KClO_3$
সোডিয়াম নাইট্রেট—$NaNO_3$
সোডিয়াম সালফেট—Na_2SO_4
সোডিয়াম ক্লোরাইড (লবণ)—$NaCl$
মারকিউরিক অক্সাইড—HgO
পটাসিয়াম ক্লোরাইড—KCl
পটাসিয়াম সালফেট—K_2SO_4
সোডিয়াম কারবনেট—Na_2CO_3
সোডিয়াম বাই-কারবনেট—$NaHCO_3$
কিউপ্রিক অক্সাইড—CuO
পটাসিয়াম নাইট্রেট—KNO_3
সোডিয়াম পার-অক্সাইড—Na_2O_2
সালফার ডাই-অক্সাইড—SO_2
সালফিউরাস অ্যাসিড—H_2SO_3
বেরিয়াম পার-অক্সাইড—BaO_2
পটাসিয়াম আয়োডাইড—KI
লেড সালফাইড—PbS
মারকিউরিক ক্লোরাইড—$HgCl_2$
ম্যাগনেসিয়াম কারবনেট—$MgCO_3$
ম্যাগনেসিয়াম সালফেট—$MgSO_4$
ম্যাগনেসিয়াম বাইকারবনেট—$Mg(HCO_3)_2$

কতকগুলি প্রয়োজনীয় সমীকরণ

$2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$
$4KClO_3 = 3KClO_4 + KCl$
$4HCl + MnO_2 = MnCl_2 + 2H_2O + Cl_2$
$2KNO_3 = 2KNO_2 + O_2$
$4HNO_3 = 4NO_2 + 2H_2O + O_2$
$2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$
$2H_2 + 2Cl_2 = 4HCl$
$C + O_2 = CO_2$; $S + O_2 = SO_2$
$CO_2 + H_2O = H_2CO_3$
$SO_2 + H_2O = H_2SO_3$
$SO_3 + H_2O = H_2SO_4$
$N_2O_5 + H_2O = 2HNO_3$
$2Na + O_2 = Na_2O_2$
$2Na_2O_2 + 2H_2O = 4NaOH + O_2$
$2Mg + O_2 = 2MgO$
$MgO + H_2O = Mg(OH)_2$
$2SO_2 + O_2 = 2SO_3$
$ZnO + 2NaOH = Zn(ONa)_2 + H_2O$
$Zn + 2KOH = Zn(OK)_2 + H_2$
$N_2 + 3H_2 = 2NH_3$
$4NH_3 + 3O_2 = 2N_2 + 6H_2O$
$NaNH_2 + H_2O = NaOH + NH_3$
$HgCl_2 + 2KI = 2KCl + HgI_2$
$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$
$2HgO = 2Hg + O_2$
$2Al + 6H_2O = 2Al(OH)_3 + 3H_2$
$3Fe + 4H_2O = Fe_3O_4 + 4H_2$
$ZnO + H_2O = Zn(OH)_2$
$AlCl_3 + 3H_2O \rightleftharpoons Al(OH)_3 + 3HCl$
$2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2$
$4P + 5O_2 = 2P_2O_5$
$P_2O_5 + H_2O = 2HPO_3$
$3Fe + 2O_2 = Fe_3O_4$
$CuO + 2HCl = CuCl_2 + H_2O$
$CaO + H_2O = Ca(OH)_2$
$Ca(OH)_2 + H_2SO_4 = CaSO_4 + 2H_2O$
$NaOH + HCl = NaCl + H_2O$
$BaO_2 + 2HCl = BaCl_2 + H_2O_2$
$2H_2 + O_2 = 2H_2O$
$CuO + H_2 = Cu + H_2O$
$H_2S + Br_2 = S + 2HBr$
$Cl_2 + H_2 = 2HCl$
$FeCl_3 + H = FeCl_2 + HCl$
$CaCO_3 = CaO + CO_2$
$NH_3 + H_2O = NH_4OH$
$NH_4Cl + NaNO_2 = NH_4NO_2 + NaCl$
$NH_4NO_2 = N_2 + 2H_2O$
$3Ca + N_2 = Ca_3N_2$
$3Mg + N_2 + Mg_3N_2$
$2NH_3 + 3Cl_2 = N_2 + 6HCl$
$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$
$Mg_3N_2 + 6H_2O = 2NH_3 + 3Mg(OH)_2$
$CaC_2 + N_2 = CaCN_2 + C$
$CO + H_2O = CO_2 + H_2$

মাধ্যমিক রসায়ন

দ্বিতীয় ভাগ

(দশম শ্রেণীর জন্য)

প্রথম অধ্যায়

[**Course Content :** Hydrogen peroxide : preparation, properties and uses , Demonstration : Apparatus for distillation under reduced pressure.]

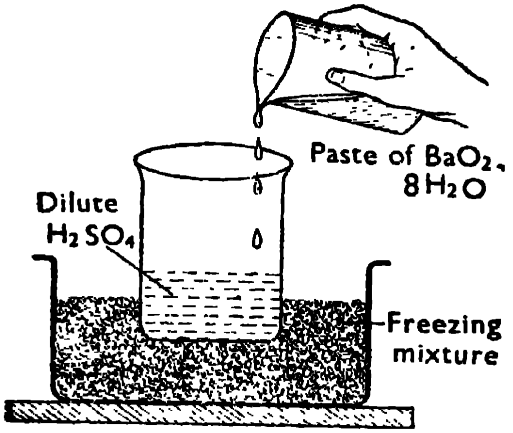
হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড (Hydrogen Peroxide)

ফরমূলা—H_2O_2, পাঃ ওজন—34

১। **অবস্থান :** হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন এই দুইটি মৌল যুক্ত হইয়া দুইটি অক্সাইড গঠন করে। যথা, হাইড্রোজেন মনোক্সাইড বা জল H_2O ও হাইড্রোজেন পারক্সাইড H_2O_2। হাইড্রোজেন পারক্সাইড দুঃস্থিত পদার্থ বলিয়া ইহাকে প্রকৃতিতে পাওয়া যায় না। হাইড্রোজেন পারক্সাইড অতি অল্প পরিমাণে বায়ুতে ও উদ্ভিদে দেখিতে পাওয়া যায়। থেনার্ড (Thenard) ইহা আবিষ্কার করেন এবং ইহার নাম দেন অক্সিজেনযুক্ত জল (Oxygenated water)।

১নং চিত্র—বিজ্ঞানী থেনার্ড

২। **প্রস্তুত-প্রণালী :** (ক) **পরীক্ষাগার প্রণালী :** (i) **নীতি :** বেরিয়াম পার-অক্সাইড (BaO_2) বা সোডিয়াম পার-অক্সাইডের (Na_2O_2) উপর শীতল পাতলা খনিজ (mineral) অ্যাসিড ক্রিয়া করিলে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন হয় ; $BaO_2+H_2SO_4=BaSO_4+H_2O_2$.



২নং চিত্র—H_2O_2এর প্রস্তুত প্রণালী

পরীক্ষা (D)ঃ একটি বীকারে সূক্ষ্ম বিশুদ্ধ বেরিয়াম পার-অক্সাইডকে সামান্য জলের সহিত মিশাইয়া BaO_2, ৪H_2O-এর লেই (paste) প্রস্তুত কর। এই লেইকে হিমমিশ্রের মধ্যে বসাইয়া হিম-শীতল কর। অনার্দ্র BaO_2তে H_2SO_4 দিলে বেরিয়াম পারক্সাইডের উপর অদ্রাব্য $BaSO_4$-এর স্তর গঠিত হয়। ইহার ফলে H_2SO_4-এর ক্রিয়া বন্ধ হয়। সেইজন্য সোদক (hydrated) বেরিয়াম পার-অক্সাইড BaO_2, $8H_2O$ লওয়া হয়। একটি বীকারে পাতলা সালফিউরিক অ্যাসিড (1 : 5 আয়তন) লও। লবণ ও বরফের হিমমিশ্রে বীকারকে রাখ। এই সোদক বেরিয়াম পারক্সাইডের লেই অল্প অল্প করিয়া হিমশীতল অ্যাসিডে ধীরে ধীরে যোগ কর এবং দ্রবণকে নাড়িতে থাক, যতক্ষণ না দ্রবণ সামান্য আম্লিক থাকে। ইহা নীল লিটমাস কাগজ দ্বারা বোঝা যায়। দ্রবণে কিছু অ্যাসিড থাকিলে হাইড্রোজেন পারক্সাইড শীঘ্র বিশ্লিষ্ট হয় না। অদ্রাব্য $BaSO_4$কে কিছুক্ষণ থিতাইতে দাও। ইহাকে ছাঁকিয়া ফেল। অতিরিক্ত H_2SO_4কে প্রশমন (neutralise) করিতে কয়েক ফোঁটা বেরিয়াম হাইড্রক্সাইড [$Ba(OH)_2$] যোগ কর। $BaSO_4$কে পুনরায় ছাঁকিয়া ফেল। পরিস্রুতে জলে H_2O_2-এর দ্রবণ (10 হইতে 20%) পাওয়া যায়।

H_2SO_4-এর পরিবর্তে অনেক সময় ফস্‌ফরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয়।

$$3BaO_2 + 2H_3PO_4 = Ba_3(PO_4)_2 + 3H_2O_2.$$

(ii) **মার্ক (Merck) পদ্ধতিঃ** বেরিয়াম পারক্সাইড জলে অদ্রাব্য। সেইজন্য ইহা জলে ভাসে (forms a suspension with water)। বীকারে হিমশীতল জলে ভাসমান বেরিয়াম পারঅক্সাইডের মধ্যে কারবন ডাই-অক্সাইডের গ্যাস অতিক্রম করাইলে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$BaO_2 + CO_2 + H_2O = BaCO_3 + H_2O_2$$

অদ্রাব্য বেরিয়াম কারবনেট পরিস্রাবণ দ্বারা পৃথক করিলে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের দ্রবণ পাওয়া যায়।

(খ) **শিল্পোৎপাদন (Commercial Preparation) ঃ** (i) কারবন ডাই-অক্সাইডমুক্ত শুষ্ক বায়ু উত্তপ্ত সোডিয়াম ধাতুর উপর দিয়া টানিয়া লইলে সোডিয়াম পার-অক্সাইড Na_2O_2 উৎপন্ন হয়। 20% মাত্রার H_2SO_4কে বরফ দ্বারা শীতল কর। এই শীতল H_2SO_4-এ Na_2O_2 অল্প অল্প করিয়া যোগ কর। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন হইবে ; $Na_2O_2 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2O_2$। শৈত্যের জন্য Na_2SO_4-এর প্রায় $\frac{2}{3}$ ভাগ $Na_2SO_4, 10H_2O$ (Glauber's লবণ) রূপে কেলাসিত হয়। তরলকে ছাঁকিয়া ফ্লাস্কে অনুপ্রেষ (in vacuo) পাতন করা হয়। শেষ পাতিত অংশ ভাল ছিপিযুক্ত বোতলে ভরিয়া বাজারে 'Merck-Perhydrol' নামে বিক্রয় করা হয়। ইহাতে 30% H_2O_2 থাকে।

(ii) তড়িৎ বিশ্লেষণ দ্বারা ঃ আধুনিক পদ্ধতি ঃ 50% হিমশীতল H_2SO_4কে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে পার-সাল্ফিউরিক অ্যাসিড ($H_2S_2O_8$) পাওয়া যায়। জলে ইহার দ্রবণকে কম তাপে গরম করিলে ইহা আর্দ্র-বিশ্লিষ্ট (hydrolyse) হয়। উৎপন্ন H_2O_2 ও H_2SO_4-এর মিশ্রণকে কম চাপে পাতিত করা হয়।

$$2H_2SO_4 = H_2 + H_2S_2O_8 \; ; \; H_2S_2O_8 + 2H_2O = 2H_2SO_4 + H_2O_2.$$

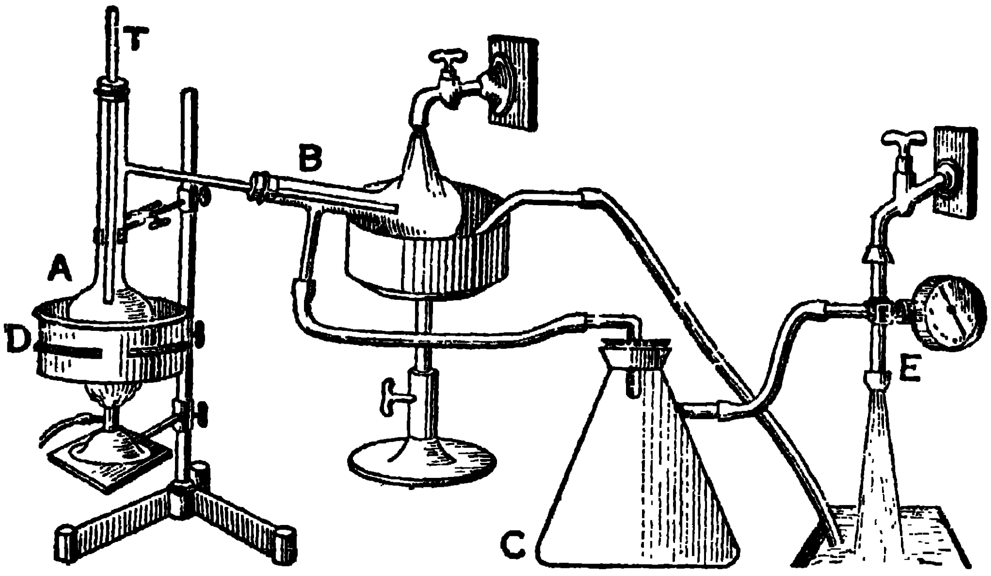
এই প্রণালীতে H_2SO_4 পুনরায় উৎপন্ন হয়। বস্তুতঃ H_2O হইতেই H_2O_2 উৎপন্ন হয়।

(গ) **বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড ঃ** উপরোক্ত যে কোন উপায়ে H_2O_2 প্রস্তুত করা হউক না কেন H_2O_2-এর সঙ্গে সব সময়েই কিছু জল মিশ্রিত থাকে। জল-মিশ্রিত H_2O_2কে 70°C পর্যন্ত অবিকৃত অবস্থায় পাতিত করা যায়। সাধারণ চাপে তদূর্ধ্ব উষ্ণতায় পাতন করিবার চেষ্টা করিলে ইহা অক্সিজেন ও জলে বিশ্লিষ্ট হইয়া যায়। কিন্তু তরল H_2O_2-এর উপরে বায়ুর চাপ কমাইলে ইহার স্ফুটনাঙ্ক কমিয়া যায় এবং ইহা বিশ্লিষ্ট না হইয়া কম উষ্ণতায় বাষ্পীভূত হয়। সেইজন্য (i) প্রথমে জলে H_2O_2-এর পাতলা দ্রবণকে জলগাহে 70°C উষ্ণতায় চওড়া পোর্সিলেন বা প্লাটিনাম পাত্রে বাষ্পীভূত করা হয়। বেশী উদ্বায়ী জল বাষ্পীভূত হয় (জলের স্ফুটনাঙ্ক 100°C, H_2O_2-এর স্ফুটনাঙ্ক 151°C)। এখন দ্রবণে 45% H_2O_2 থাকে। (ii) এই দ্রবণকে কম চাপে (10 মিঃ মিঃ চাপ) ও 30°C হইতে 70°C উষ্ণতায় নিম্নের পদ্ধতিতে পাতিত করা হয়।

৩। কম চাপে পাতন (Distillation under reduced pressure) :

নীতি : যে সকল তরল পদার্থ সাধারণ চাপে পাতিত হইবার সময় বিশ্লিষ্ট হয় তাহাদিগকে নিম্নচাপে পাতিত করিলে নিম্ন স্ফুটনাঙ্কে অবিকৃত অবস্থায় পাতিত হয়। যথা, গ্লিসারিন, হাইড্রোজেন পারক্সাইড।

পরীক্ষা : 45% জল-মিশ্রিত H_2O_2কে একটি পাতন-ফ্লাস্কে (A) লও। ফ্লাস্ককে বন্ধনীর সাহায্যে একটি জলগাহের (D) উপর বসাও। ফ্লাস্কের মুখে কর্কের মধ্য দিয়া একটি থার্মমিটার T রাখ যাহাতে থার্মমিটারের কুণ্ড তরলের ঠিক উপর থাকে। ফ্লাস্কের নির্গম-নলকে অপর একটি ফ্লাস্কের (B) সহিত যোগ কর। দ্বিতীয় ফ্লাস্ক গ্রাহকের কাজ করে। কল হইতে ঠাণ্ডা জল দ্বিতীয় ফ্লাস্কের উপর পড়ে। আবার দ্বিতীয় ফ্লাস্কের নির্গম-নলটি অপর একটি শাঙ্কব (conical) ফ্লাস্কের (C) সহিত যোগ কর। C ফ্লাস্কের সঙ্গে ফিল্টার পাম্প (E) বা বায়ু-নিষ্কাশক (air-exhaust) পাম্পের সঙ্গে যোগ কর। বায়ুর চাপ-মাপকযন্ত্র (F) (pressure gauge) দিয়া বায়ুর চাপ মাপা হয়। এইবার পাম্প চালাইলে পাতন-ফ্লাস্ক A হইতে প্রথমে 35° – 40°C উষ্ণতায় অধিক জল বাষ্পীভূত হয়। তৎপরে H_2O_2 কম চাপে প্রায় 75°C উষ্ণতায় পাতিত হয়। এইরূপে 66% H_2O_2 পাওয়া যায়।



৩নং চিত্র—কম চাপে পাতন-প্রক্রিয়া দ্বারা H_2O_2-এব বিশুদ্ধীকরণ

(iii) এই দ্রবণকে কোন পাত্রে 60% H_2SO_4-এর উপর রাখিয়া কয়েকবার পর পর অনুপ্রেষ পাতন করিলে 95% H_2O_2 পাওয়া যায়। 95% দ্রবণকে —1·7°C উষ্ণতায় শীতল করিলে H_2O_2-এর কেলাস পাওয়া যায়।

“X আয়তন তীব্রতা”—ইহার অর্থ এই হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড বিশ্লিষ্ট হইয়া নিজ আয়তনের X গুণ অক্সিজেন দেয়।

10 আয়তন (10 vol. strength) তীব্রতার 10 ঘঃ সেঃ মিঃ হইতে $10 \times 10 = 100$ ঘঃ সেঃ মিঃ অক্সিজেন পাওয়া যায়।

৪। **হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের ধর্ম ঃ ভৌত ধর্ম ঃ** হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড গন্ধহীন ঘন স্বচ্ছ তরল পদার্থ। ইহা সিরাপের মত আঠালো। পাতলা স্তরে ইহা বর্ণহীন। ঘনস্তরে ইহাকে নীলাভ দেখায়। ইহা কোহলে, জলে ও ঈথারে দ্রাব্য। ইহা 68 মিঃ চাপে 85°C উষ্ণতায় ফোটে। প্রমাণ চাপে ইহা 151°Cতে ফোটে কিন্তু তখন ইহা বিস্ফোরণ সহকারে বিয়োজিত হয়। ইহার ঘনাঙ্ক 0°C উষ্ণতায় 1·46 এবং হিমাঙ্ক—0·89° সেঃ গ্রেঃ।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ (i) H_2O_2তে অক্সিজেনের ভাগ অধিক থাকায় ইহাকে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড বলে। ইহাতে দুইটি অক্সিজেনের চারিটি যোজ্যতার মধ্যে দুইটি যোজ্যতা দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু দ্বারা সংপৃক্ত (saturated) হয়। আর দুইটি যোজ্যতা অতৃপ্ত থাকে, সেইজন্য ইহা দুঃস্থিত (uustable) হয়। ইহা 100°C উষ্ণতায় অক্সিজেন ও জলে দ্রুত বিশ্লিষ্ট হয় এবং তাপ উদ্ভূত হয়; $2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$. অমসৃণ তল, আলো, রক্ত, I_2, MnO_2, C এবং Au, Ag প্রভৃতি ধাতু H_2O_2-এর বিশ্লেষণকে ত্বরান্বিত করে। ইহারা ধনাত্মক অনুঘটকের কাজ করে। গ্লিসারিন, ফস্‌ফরিক অ্যাসিড, অন্যান্য আম্লিক পদার্থ H_2O_2-এর স্বতঃ-বিয়োজনকে মন্দীভূত করে। ইহারা ঋণাত্মক অনুঘটকের কাজ করে। সুতরাং বিক্রীত H_2O_2তে উক্ত বিশ্লেষণ-নিবারক পদার্থগুলির মধ্যে একটি মিশান থাকে যাহাতে H_2O_2 সহজ নষ্ট না হয়। বাদামী রঙে প্যারাফিনলিপ্ত বোতলে H_2O_2 ভাল থাকে।

(ii) ইহা স্বতঃই অক্সিজেনে বিয়োজিত হয় বলিয়া ইহা একটি শক্তিশালী **জারক**। সদ্যোজাত (nascent) অক্সিজেনই অন্য পদার্থকে জারিত করে যথা :—

(ক) ম্যাগনেসিয়ামের গুঁড়া (Mg) ও ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড (MnO_2)-এর মিশ্রণ, কারবন, ও MnO_2-এর মিশ্রণ, তুলা বা পশম হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডে রাখিলে স্বতঃই আগুন ধরিয়া যায়। (খ) ইহা বর্ণহীন পটাসিয়াম আয়োডাইড (KI) হইতে বেগুনী বর্ণের আয়োডিনকে মুক্ত করে; $2KI + H_2O_2 = 2KOH + I_2$, এই সমীকরণ দ্বারা H_2O_2-এর তীব্রতা

নির্ণীত হয়। (গ) ইহা লেড্ সাল্ফাইডকে PbS (কালো) জারিত করিয়া লেড্ সাল্ফেটে $PbSO_4$ (সাদা) পরিণত করে; $PbS+4H_2O_2=PbSO_4+4H_2O$. তৈল-চিত্রে Pb-এর লবণ থাকে। বায়ুর হাইড্রোজেন সাল্ফাইড (H_2S) দ্বারা তাহা কালো PbS হইয়া যায়। সুতরাং তৈল-চিত্র H_2O_2 দ্বারা পরিষ্কার করিলে কালো PbS সাদা $PbSO_4$এ পরিণত হয়। (ঘ) ইহা ফেরাস লবণকে ফেরিক্ লবণ করে; যথা $2FeSO_4+H_2SO_4+H_2O_2=Fe_2(SO_4)_3+2H_2O$. (ঙ) ইহা সাল্ফিউরাস অ্যাসিডকে সাল্ফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত করে; $H_2SO_3+H_2O_2=H_2SO_4+H_2O$. (চ) ইহা Na, K ও Ba-এর হাইড্রোক্সাইডকে পারক্সাইডে পরিণত করে; $Ba(OH)_2+H_2O_2=BaO_2+2H_2O$; এই ক্রিয়ায় H_2O_2 অ্যাসিডের মত ব্যবহার করে। পার-অক্সাইডগুলি ইহার লবণ।

পরীক্ষা: (১) একটি পরীক্ষা-নলে কিছু KI দ্রবণ লও। ইহাতে একটু শ্বেতসার দাও। এইবার H_2O_2-এর দ্রবণ যোগ করিলে মুক্ত আয়োডিন শ্বেতসারকে নীলবর্ণ করে।

(২) লেড্ এসেটেট দ্রবণে ফিলটার কাগজ সিক্ত কর। কিপস্ যন্ত্র হইতে উৎপন্ন H_2S গ্যাসে কাগজখানি ধর। কালো কাগজকে H_2O_2 দ্রবণে ডুবাইলে সাদা হয়।

(iii) **বিরঞ্জন ধর্ম:** জারণের দ্বারা হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড অনেক দ্রব্য, যথা, হাতির দাঁত, পালক, পশম বিরঞ্জন করে। ইহাতে কোন দ্রব্যের ক্ষতি হয় না।

(iv) **বিজারক ধর্ম:** হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড কতকগুলি শক্তিশালী জারককে, যথা, ম্যাঙ্গানীজ ডাইঅক্সাইড—MnO_2, সিলভার অক্সাইড—Ag_2O, ওজোন – O_3, লেড্ পারঅক্সাইড—PbO_2, আম্লিক পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গেনেট—$KMnO_4$ ও ক্লোরিণকে বিজারিত করে, কিন্তু সঙ্গে সঙ্গে ইহা নিজেও জারিত না হইয়া বিজারিত হয়। এই সকল দ্রব্য হইতে এক পরমাণু অক্সিজেন ও H_2O_2 হইতে এক পরমাণু অক্সিজেন পাওয়া যায়। এই দুই পরমাণু মিলিয়া অক্সিজেনের একটি অণু গঠিত হয়।

$H_2O_2=H_2O+O$; $O_3=O_2+O$; $H_2O_2+O_3=H_2O+2O_2$; $Ag_2O+H_2O_2=2Ag+H_2O+O_2$; $Cl_2+H_2O_2=2HCl+O_2$;

$PbO_2+H_2O_2=PbO+H_2O+O_2$; $2KMnO_4+4H_2SO_4+5H_2O_2=2KHSO_4+2MnSO_4+8H_2O+5O_2$.

(v) **আম্লিক ধর্ম :** বিশুদ্ধ H_2O_2 অম্লধর্মী। ইহা নীল লিট্‌মাসকে লাল করে কিন্তু H_2O_2-এর জলীয় দ্রবণ লিট্‌মাসের পক্ষে উদাসীন থাকে অর্থাৎ ইহাতে কোন লিট্‌মাসের বর্ণ বদলায় না। অম্লধর্মিতার জন্য বিশুদ্ধ H_2O_2 অ্যামোনিয়ার সঙ্গে যুক্ত হইয়া অ্যামোনিয়াম হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড $(NH_4)HO_2$, অ্যামোনিয়াম পার-অক্সাইড $(NH_4)_2O_2$ উৎপন্ন করে এবং ক্ষারগুলি হইতে ক্ষারক ধাতুর পারক্সাইডগুলি উৎপন্ন করে : এই পারক্সাইগুলি H_2O_2-এর লবণ ; $Ba(OH)_2+H_2O_2=BaO_2+2H_2O$. ইহা অ্যাসিডের ন্যায় Na_2CO_3-এর সহিত ক্রিয়া করিয়া CO_2 ও সোডিয়াম পারক্সাইড উৎপন্ন করে ; $H_2O_2+Na_2CO_2=Na_2O_2+CO_2+H_2O$

(vi) ইহা জলে দ্রবণীয়। এই দ্রবণকে কঠিন কার্বন ডাইঅক্সাইড ও ইথারের হিম-মিশ্রণে শীতল করিলে $H_2O_2, 2H_2O$-এর স্ফটিক পাওয়া যায়।

৫। **হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের অভীক্ষণ** (Tests) : (i) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড গন্ধহীন তরল। (ii) ইহা KI হইতে আয়োডিনকে মুক্ত করে। আবার এই মুক্ত আয়োডিন স্টার্চের কাথকে নীলবর্ণ করে। (iii) পটাসিয়াম ডাইক্রোমেটের ($K_2Cr_2O_7$) সহিত সালফিউরিক অ্যাসিড ও ইথার মিশাইয়া তাহাতে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দিলে ইথারের স্তর ঘন নীলবর্ণের দ্রবণে পরিণত হয়। (iv) টাইটেনিয়াম অক্সাইডের ও পাতলা H_2SO_4-এর মিশ্রণে H_2O_2 যোগ করিলে কমলা-হল্‌দে বর্ণের টাইটেনিয়াম পারক্সাইড গঠিত হয়।

৬। **হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের ব্যবহার :** হাইড্রোজেনের পার-অক্সাইড জারক, জীবাণুনাশক (antiseptic), তৈল-চিত্র পরিষ্কারক, বিরঞ্জক ও ক্লোরিন-অপসারক (antichlor) হিসাবে ব্যবহৃত হয়। H_2O_2 ও ফেরাস সালফেটের মিশ্রণ (Fenton's reagent) জারক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। চুলে H_2O_2 দিলে ইহা সোণালী হল্‌দে হয়। H_2O_2 ক্ষতস্থান ও মুখ ধৌত করিতে ব্যবহৃত হয়। গত যুদ্ধে জার্মানি 85% H_2O_2 ও পার-ম্যাঙ্গানেটের ক্রিয়ায় স্টীম ও অক্সিজেন উৎপন্ন করিয়া রকেট চালাইয়াছিল। ঘন H_2O_2 কোহল ও পেট্রোল জ্বালাইতে ব্যবহৃত হয়।

৭। **জলের ও হাইড্রোজেন পার-ক্সাইডের তুলনা :** (i) H_2O স্বাদহীন, হাল্‌কা, স্বচ্ছ ও অধিক উদ্বায়ী তরল ; H_2O_2 কটুস্বাদযুক্ত, ঘন, কম উদ্বায়ী তরল। (ii) H_2O নিরপেক্ষ, নিষ্ক্রিয় মনোক্সাইড। বিশুদ্ধ H_2O_2 অ্যাসিডধর্মী সক্রিয় ডায়ক্সাইড। (iii) H_2O-এর কোন জারণ বা বিজারণ বা বিরঞ্জন ক্ষমতা নাই। H_2O_2-এর প্রবল জারণ, কিছুটা বিজারণ ও বিরঞ্জন ক্ষমতা আছে। (iv) H_2O বিনা বিস্ফোরণে ফোটে, H_2O_2 ফুটিবার সময় বিস্ফোরণ ঘটায়। (v) তাপ ও চাপের প্রভাবে জল সব অবস্থায় H_2O থাকে। তাপে ও চাপে H_2O_2 জলে ও অক্সিজেনে বিশ্লিষ্ট হয়।

[**শিক্ষণ-নির্দেশ :** হাইড্রোজেন পারক্সাইডের প্রস্তুতি, ধর্ম ও ব্যবহার পাঠক্রমের অন্তর্ভুক্ত। ইহার সংযুক্তি পড়িবার দরকার নাই। কম চাপের পাতন ক্রিয়া দেখানো পাঠক্রমের অন্তর্ভুক্ত]

প্রশ্নাবলী

1. How would you distinguish water from hydrogen-peroxide ? জল ও হাইড্রোজেন পারক্সাইডের পার্থক্য কিরূপে নির্ণয় করিবে ?

2. Describe the preparation, properties and uses of hydrogen peroxide. How is it detected ? হাইড্রোজেন পারক্সাইডের প্রস্তুতি, ধর্ম ও ব্যবহার বর্ণনা কর। ইহাকে কি প্রকারে চেনা যায় ? (Cal. '31, '33)

3. How is hydrogen peroxide prepared on a large scale ? What are its properties ? H_2O_2 is said to behave both as an oxidising agent and as a reducing agent. Discuss. হাইড্রোজেন পারক্সাইডকে অধিক পরিমাণে কি প্রকারে প্রস্তুত করা যায় ? ইহার ধর্ম কি কি ? H_2O_2 জারক ও বিজারকরূপে ক্রিয়া করে। ইহা আলোচনা কর। (Cal, '34 ; Bom. '16, '22).

4. How is hydrogen peroxide prepared ? What is its action on (i) potassium iodide snd (ii) lead sulphide (iii) silver oxide ? (iv) ammonia (v) ozone (vi) barium hydroxide. হাইড্রোজেন পারক্সাইড কি প্রকারে প্রস্তুত হয় ? (i) পটাসিয়াম আয়োডাইড, (ii) লেড সালফাইড, (iii) সিলভার অক্সাইড, (iv) অ্যামোনিয়া, (v) ওজোন, (vi) বেরিয়াম হাইড্রোক্সাইডের উপর H_2O_2র ক্রিয়া কি ?

5. Justify the statement that hydrogen peroxide is an acid. H_2O_2 একটি অ্যাসিড—এই উক্তির সমর্থনে যুক্তি দেখাও।

6. Which of the following statements is true ?—Give the correct statement,

(a) The formula of hydrogen peroxide is HO.

(b) H_2O_2 on heating gives H_2O and Oxygen.

(c) H_2O_2 acts on H_2SO_3 giving sulphur.

নিম্নের কোন উক্তি মিথ্যা ? সত্য উক্তি দাও :—

(i) হাইড্রোজেন পারক্সাইডের সংকেত HO.

(ii) H_2O_2 উত্তপ্ত হইলে H_2O ও অক্সিজেন দেয়।

(iii) H_2O_2, H_2SO_3-এর উপর ক্রিয়া করিলে সালফার দেয়।

7. Fill up the blanks :—

(i) $H_2O_2 + \text{heat} = — + —$

(ii) $O_3 + H_2O_2 = H_2O + —$

(iii) $Ba(OH)_2 + H_2O_2 = BaO_2 + —$

শূন্য স্থান পূরণ কর :—

(i) $H_2O_2 + \text{তাপ} = — + —$

(ii) $O_3 + H_2O_2 = H_2O + —$

(iii) $Ba(OH)_2 + H_2O_2 = BaO_2 + —$

8. What do you understand by 25% vol strength of hydrogen peroxide ? What is perhydrol ? How is it prepared ? H_2O_2-এর শতকরা 20 আয়তন তীব্রতা বলিতে কি বুঝ। পারহাইড্রোল কাহাকে বলে ? উহা কি ভাবে প্রস্তুত করিবে ?

9. What happens when a dilute aqueous solution of hydrogen peroxide is evaporated on a waterbath ? যখন হাইড্রোজেন পারক্সাইডের পাতলা দ্রবণ জলসাহের উপর বাষ্পীভূত করা হয় তখন কি ঘটিয়া থাকে ?

দ্বিতীয় অধ্যায়

[**Course Content :** Law of Conservation of Mass : D. Apparatus to show that it holds for burning of charcoal, phosphorus or magnesium, or for other types of reactions.]

ভরের নিত্যতা-সূত্র

(Law of Conservation of Mass)

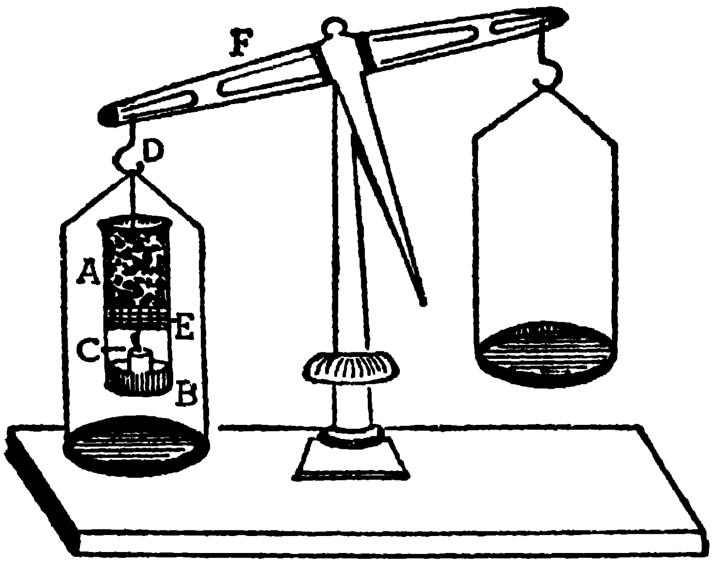
৮। **ভরের নিত্যতা-সূত্র :** মোমবাতি যখন জ্বলিতে থাকে তখন স্পষ্ট দেখা যায় উহার মোম ও পলিতা ক্রমশঃ অদৃশ্য হইতেছে। জ্বলন্ত মোমবাতিকে তুলায় স্থাপন করিলে দেখা যায় যে, উহার ওজন ক্রমশঃ কমিতেছে। কাঠ বা কয়লা যখন পোড়ে তখন কাঠ বা কয়লা অদৃশ্য হয়। কাঠে বা কয়লায় অশুদ্ধিরূপে অতি সামান্য ধাতব পদার্থ থাকে। উহা ভস্মে পরিণত হয়। যেটুকু ভস্ম পড়িয়া থাকে তাহার ওজন উহাদের নিজেদের ওজনের চেয়ে অনেক কম হয়। কেরোসিন বা পেট্রোল পুড়াইলে কিছুই অবশিষ্ট থাকে না। ঈথার বা কর্পূর কিছুক্ষণ বায়ুতে রাখিলে অদৃশ্য হয়। জলকে ফুটাইলে উহা অদৃশ্য হয়। এই সকল ঘটনা হইতে আপাতদৃষ্টিতে মনে হয় পদার্থ বিনষ্ট হইতেছে বা ধ্বংস পাইতেছে।

অপরপক্ষে যখন একটি খর্পরে এক টুকরা ম্যাগ্‌নেসিয়াম লইয়া পোড়ানো যায় তখন উহা ভস্মে পরিণত হয়। তুলায় ম্যাগনেসিয়ামের ওজন ও ভস্মের ওজন লইলে দেখা যায় ভস্মের ওজন ম্যাগনেসিয়ামের ওজন অপেক্ষা অনেক বেশী। এক টুক্‌রা লোহাকে ওজন করিয়া আর্দ্র বায়ুতে রাখিলে উহাতে মরিচা পড়ে এবং উহার ওজন বাড়ে। এক টুকরা ওজন-করা তামা চিমটা দিয়া বুনসেন দীপে কিছুক্ষণ পোড়াইলে ঠাণ্ডা করিয়া পুনরায় ওজন করিলে ওজন বাড়ে। আবার দেখা যায় একটি ক্ষুদ্র বীজ হইতে একটি বৃক্ষের উদ্ভব হয়। এই সকল ঘটনা হইতে স্বভাবতঃই মনে হয় রাসায়নিক পরিবর্তনে পদার্থ আপনা-আপনি সৃষ্ট হয় এবং পদার্থের ভর বৃদ্ধি পায়। কিন্তু প্রকৃতপক্ষে এই কথা সত্য নহে। জড় অবিনশ্বর ; জড় সৃষ্টি করা যায় না বা বিনষ্ট করা যায় না। প্রত্যেক রাসায়নিক ক্রিয়ার আগে ও শেষে জড়ের ওজন লইলে জড়ের মোট ওজন সমান থাকে। পৃথিবীতে কোন প্রকারেই জড়ের একটি কণাও সৃষ্ট হয় না বা বিনষ্ট করা যায় না। উহাকে জড়ের **নিত্যতা সূত্র** বলে।

মোমবাতি জ্বলিলে, জল বা কর্পূর উপিয়া যাইলে উহারা পদার্থের অন্য আকারে রূপান্তরিত হয়। কিন্তু উহারা বিনষ্ট বা ধ্বংস হয় না। বাতিতে ও কাঠে কারবন ও হাইড্রোজেন থাকে। উহারা বায়ুর অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া অদৃশ্য জলীয় বাষ্প ও কারবন ডাই-অক্সাইড গ্যাসে রূপান্তরিত হয়। কিছু ভস্ম পড়িয়া থাকে। যদি ক্রিয়ার পূর্বে কাঠের বা বাতির ও অক্সিজেনের ওজন লওয়া হয় এবং পরে CO_2, জলীয় বাষ্প ও ভস্মের ওজন লওয়া হয় তবে পূর্বের মোট ওজনের ও পরের মোট ওজনের পার্থক্য হয় না। জল ও কর্পূর বাষ্পে পরিণত হয়। আবার বায়ুতে ম্যাগ্‌নেসিয়াম জ্বালাইলে উৎপন্ন ভস্ম (ম্যাগ্‌নেসিয়াম অক্সাইড) ম্যাগনেসিয়ামের চেয়ে ওজনে বাড়ে। মনে হয়, জড় সৃষ্ট হইল কিন্তু প্রকৃতই ম্যাগ্‌নেসিয়ামের সঙ্গে বায়ুর অক্সিজেন যুক্ত হইয়া ম্যাগ্‌নেসিয়াম অক্সাইড উৎপন্ন হয় বলিয়া উহার ওজন স্বতঃই বাড়ে। লোহার ও তামার সহিত অক্সিজেন যুক্ত হইয়া অক্সাইড গঠন করে। সুতরাং উহাদের ওজন বাড়ে। পরীক্ষায় দেখা যায় যে ম্যাগনেসিয়ামের + অক্সিজেনের ওজন = ভস্মের ওজন। প্রত্যেক রাসায়নিক ক্রিয়ায় এইরূপ জড়ের রূপ বদলায় বটে কিন্তু জড় সম্পূর্ণ বিনষ্ট হয় না বা নূতন করিয়া সৃষ্ট হয় না। যদি A ও B পদার্থের রাসায়নিক ক্রিয়ায় C ও D পদার্থ উৎপন্ন হয় তবে A ও B-এর যুক্ত ওজন = C ও D-এর যুক্ত ওজন। হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের রাসায়নিক ক্রিয়ায় জল উৎপন্ন হয়। রাসায়নিক ক্রিয়ার পূর্বে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের মোট যতটা ওজন থাকে রাসায়নিক ক্রিয়ার পরেও উৎপন্ন জলের ওজন ঠিক ততটা থাকে। রসায়ন শাস্ত্রের ভিত্তি এই সূত্রের উপর স্থাপিত। এই সূত্র **ল্যাভয়সিয়ার** আবিষ্কার করেন। নিম্নলিখিত পরীক্ষার দ্বারা এই সূত্র প্রমাণিত হয়ঃ—

(ক) **বাতির দহনের পরীক্ষা**ঃ—দুইমুখ-খোলা মোটা A কাচনলের ঊর্দ্ধাংশ একটি তামার তারজালি (wire gauze) E-এর উপর চুন (Quicklime CaO) ও সোডা-লাইমের (sodalime = $CaO + NaOH$) মিশ্রণ রাখ। কয়েকটি ছিদ্রযুক্ত একটি ছিপি Bর উপর একটি বাতি C রাখ। A নলের নিম্নাংশ এই বাতিসুদ্ধ ছিপি দিয়া বন্ধ কর। কলিচুন ও ছিপিসহ নলটি একটি F তুলাদণ্ডের বামবাহুর হুক D হইতে সূতা দিয়া ঝুলাইয়া দিয়া সম-ওজন কর। তুলাযন্ত্র থামাইয়া ছিপি খুলিয়া বাতিটি জ্বালাইয়া শীঘ্র শীঘ্র পুনরায় স্বস্থানে রাখ। নলে যে বায়ু থাকে তাহাতে বাতি জ্বলে। জ্বলিবার সময় বাতির কারবন ও হাইড্রোজেন বায়ুর অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া কারবন-ডাই-অক্সাইড ও জল উৎপন্ন

করে। উহারা যথাক্রমে সোডালাইম ও চুন দ্বারা শোষিত হয়। সুতরাং নলে আংশিক শূন্যতা ঘটে এবং ছিদ্র দিয়া বায়ু নলে ঢোকে। বায়ুতে আরো বাতি জ্বলিতে থাকে। কিছুক্ষণপর বাতি পুড়িয়া নিঃশেষ হয়। তখন যন্ত্রকে ঠাণ্ডা করিয়া ওজন কর। দেখিবে ওজন কমে না, ওজন বাড়ে। অতএব বাতি বিনষ্ট হয় না আবার বাড়তি ওজন কোন নূতন জড়ের সৃষ্টির জন্য নয়। বাতির কারবন ও হাইড্রোজেন এবং বায়ুর অক্সিজেনের ক্রিয়ায় উৎপন্ন CO_2 ও H_2O যথাক্রমে নলের চুন ও সোডালাইম দ্বারা শোষিত হয়। সেইজন্য শেষের ওজন বাড়ে। যদি এই অক্সিজেনের ওজন লওয়া হইত তবে দেখা যাইত যে, যন্ত্রের বাড়তি ওজন এই অক্সিজেনের ওজনের সমান হইত। বাতির উপাদান রূপান্তরিত হইয়াছে মাত্র।

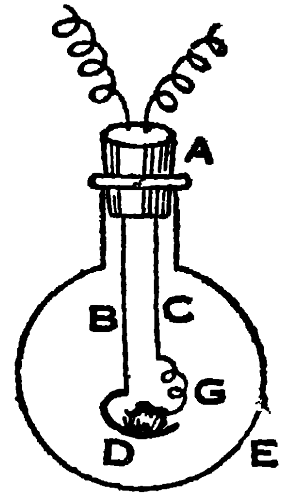


৪ নং চিত্র—বাতির দহন

বাতির ও অক্সিজেনের যুক্ত ওজন = জলীয় বাষ্প ও কারবন ডাই-অক্সাইডের যুক্ত ওজন।

(খ) কয়লার (Charcoal) দহনের পরীক্ষা (D) : একটি গোলতলা বিশিষ্ট কাচের বড় ফ্লাস্ক E লও। ফ্লাস্কের মুখসই একটি রবারের ছিপির মধ্য দিয়া দুইটি মোটা তামার তার B ও C অতিক্রম করাও। B তারের শেষে একটি তামার বাটি (capsule) D ঝাল দাও। বাটিতে একটু কাঠ-কয়লা রাখ। একটি সরু প্লাটিনাম G তারকে কয়লার গায়ে জড়াইয়া তামার তারের দুই প্রান্তে যোগ কর। ফ্লাস্ক E-এর ভিতরের বায়ু অপসারিত করিয়া অক্সিজেনে ভর্তি কর। তারপর ফ্লাস্কের মুখে কয়লাসুদ্ধ ছিপি জোরে আঁটিয়া দাও। সমস্ত যন্ত্র ভালভাবে ওজন কর। B ও C তারের শেষ প্রান্ত ব্যাটারির দুই মেরুর (poles) সঙ্গে যোগ কর। প্লাটিনাম তারের ভিতর দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হয়। উহা উত্তাপে লাল হয় এবং কয়লা পুড়িয়া অক্সিজেনের

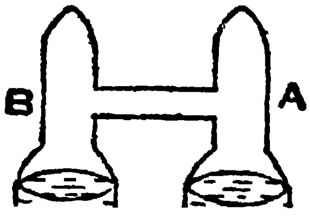
সহিত যুক্ত হইয়া অদৃশ্য কারবন ডাই-অক্সাইড গ্যাসে পরিণত হয়। বাটিতে একটু ভস্ম (calx) পড়িয়া থাকে। ক্রিয়ার শেষে সমস্ত যন্ত্র ঘরের উষ্ণতায় ঠাণ্ডা করিয়া ওজন কর। পূর্বের ও শেষের দুই ওজন একই হয়। ইহাতে প্রমাণিত হয় যে, কয়লা অদৃশ্য হইলেও বিনষ্ট হয় না। ইহা অদৃশ্য কারবন ডাই-অক্সাইড গ্যাসে রূপান্তরিত হয় মাত্র। কয়লা ও অক্সিজেনের যুক্ত ওজন = কারবন ডাই-অক্সাইডের ওজন + ভস্মের ওজন।



৫নং চিত্র — কয়লার দহনের পূর্বে ও পরে ফ্লাস্কের ওজন একই থাকে।

কাঠ-কয়লার পরিবর্তে ম্যাগ্‌নেসিয়াম বা ফসফরাস লইলেও পরীক্ষার পূর্বে ও পরে যন্ত্রের ওজনের কোন পার্থক্য হয় না।

(গ) ল্যাভয়সিয়ারের (Lavoisier) পরীক্ষা ঃ ল্যাভয়সিয়ার প্রথম এই সূত্র পরীক্ষা করেন। তিনি বায়ুপূর্ণ বকযন্ত্রে নির্দিষ্ট ওজনের টিন রাখিয়া যন্ত্রের মুখকে আগুনে গলাইয়া বন্ধ করেন। তিনি টিনসহ বকযন্ত্র ওজন করেন। তৎপরে অনেকক্ষণ যাবৎ বকযন্ত্রকে খুব উত্তপ্ত করেন। টিন বকযন্ত্রে আবদ্ধ বায়ুর অক্সিজেনের সঙ্গে সংযুক্ত হইয়া সাদা টিনের অক্সাইডে পরিণত হয়। পরে বকযন্ত্রকে শীতল করিয়া সাধারণ উষ্ণতায় তিনি বকযন্ত্রকে ওজন করেন। এই রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে ওজনের কোন তারতম্য হয় না। এই পরীক্ষায় টিনের পরিবর্তে তামা বা ম্যাগনেসিয়াম লইলেও একই ফল পাওয়া যায়।

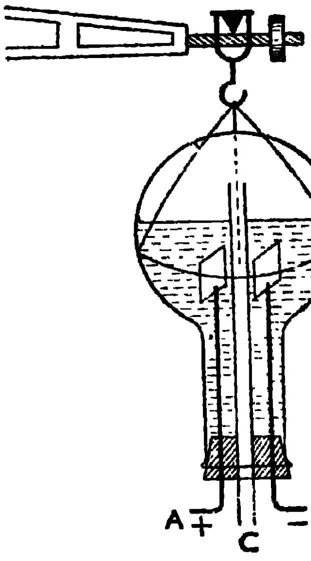


৬নং চিত্র — ল্যান্‌ডোল্টের পরীক্ষা-যন্ত্র ; A ও B নলে দুইটি ক্রিয়াশীল বস্তু লইয়া পরীক্ষা করা যায় যে পরীক্ষার পূর্বে ও পরে সমস্ত যন্ত্রের ওজন এক থাকে।

(ঘ) ল্যান্‌ডোল্টের (Landolt) পরীক্ষা ঃ ল্যান্‌ডোল্ট পনর বৎসর যাবৎ বিভিন্ন বস্তু লইয়া এই সূত্র পরীক্ষা করেন। যে সকল রাসায়নিক ক্রিয়ায় কম তাপ উৎপন্ন হয় সেই সমস্ত দ্রব্য তিনি পরীক্ষায় ব্যবহার করেন। তিনি একটি H অক্ষরের নল লন এবং এই নলের দুই বাহু A ও Bর নিম্নমুখ বন্ধ করা থাকে। উপরের খোলা মুখ দিয়া বাহুদ্বয়ে যথাক্রমে ফেরাস সালফেট (ferrous sulphate) ও সিলভার সাল্‌ফেট (silver sulphate) দ্রবণ রাখিয়া বাহুর উপর মুখ ঝাল দিয়া একেবারে বন্ধ করিয়া দেন। H নলকে সুবেদী তুলাযন্ত্রে সতর্কভাবে (যাহাতে দুই পদার্থ না মিশে) খাড়াভাবে ডানদিকের পাল্লায় রাখিয়া বাম দিকের পাল্লায় একই আকারের শূন্য H নল রাখিয়া সম-ওজন (counterpoise) করেন। নলকে একটু কাত করিয়া দুই দ্রবণকে মিশাইয়া দেন। দুই দ্রবণের মধ্যে ক্রিয়া হইয়া ধাতব সিলভার উৎপন্ন হয়। $2FeSO_4+Ag_2SO_4=Fe_2(SO_4)_3+2Ag$. নলকে শীতল করিয়া তুলাযন্ত্রে রাখিলে ওজনের কোন পার্থক্য হয় না।

এইরূপে উপরে বর্ণিত নলে যে-কোন দুই ক্রিয়াশীল বস্তু লইয়া এই পরীক্ষা করা যায়।

(৬) **পরীক্ষা:** একটি ছোট ও শক্ত কাচের ফ্লাস্কের অর্ধেকটা জলে ভর্তি কর। উহাকে তড়িৎ-পরিবাহী করিবার জন্য দুই ফোঁটা সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত কর। একটি রবারের ছিপির মধ্য দিয়া দুইটি প্লাটিনাম তার (A ও B) এবং স্টপ-কক্-যুক্ত নল (C) প্রবেশ করাও। এইরূপ ছিপিকে ফ্লাস্কের মুখে আঁটিয়া দাও। প্লাটিনাম তারের শেষ প্রান্তে দুইটি পাত জোড়া থাকে। স্টপককটি পাম্পের সঙ্গে জুড়িয়া ফ্লাস্কের বায়ু বাহির কর। ফ্লাস্ককে উল্‌টা করিয়া সূতা দিয়া পাল্লায় বাঁধিয়া ওজন কর। এই অবস্থায় C নলের মুখ জলের বাহিরে থাকিবে। দুইটি প্লাটিনাম তারের শেষ প্রান্ত ব্যাটারির মেরুর সঙ্গে যোগ কর। জলের মধ্য দিয়া বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয় এবং জল বিশ্লিষ্ট হইয়া হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনে পরিণত হয়। বিদ্যুৎ-প্রবাহ বন্ধ কর। ফ্লাস্কের ওজন লও। ওজনের কোন তারতম্য হয় না।



৭নং চিত্র—জলকে বিশ্লিষ্ট করিলে ওজনের কোনও পার্থক্য হয় না।

এই সকল পরীক্ষা হইতে প্রমাণিত হয় যে, **রাসায়নিক ক্রিয়ার আগে ও পরে জড়ের ওজনের কোন পার্থক্য হয় না।**

৯। **শক্তির নিত্যতা সূত্র (Law of Conservation of Energy) :** জড়ের ন্যায় শক্তিও অবিনশ্বর। কতকগুলি পদার্থের পারস্পরিক ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়ার ফলে শক্তি সৃষ্ট বা বিনষ্ট হয় না, যদিও শক্তি একরূপ হইতে অন্যরূপে রূপান্তরিত হয়। কয়লা জ্বালাইলে রাসায়নিক শক্তি তাপশক্তি ও আলোকশক্তিতে রূপান্তরিত হয়।

আইনস্টাইনের মত অনুসারে কোন বস্তু দ্রুতগতি সম্পন্ন হইলে উহার ভর কমিয়া যায়।

প্রশ্নাবলী

1. State the Law of Conservation of Mass. Describe the experiments in the case of burning charcoal, candle, phosphorus, and the reaction of ferrous sulphate and silver sulphate to prove the law, জড়ের নিত্যতা-সূত্র বিবৃত কর। এই সূত্র প্রমাণ করিবার জন্য কয়লা, বাতি ও ফসফরাসের দহনসংক্রান্ত এবং ফেরাস সালফেট ও সিলভার সালফেটের ক্রিয়াসংক্রান্ত পরীক্ষা বর্ণনা কর।

2. Is the following statement true ? If not, why not :—

"When magnesium burns in air, it gains in weight i, e, matter can be created." নিম্নলিখিত উক্তি কি সত্য ? যদি না হয় তবে কেন হয় না ? "যখন ম্যাগনেসিয়াম বায়ুতে পোড়ে তখন ইহা ওজনে বাড়ে অর্থাৎ জড় সৃষ্ট হইতে পারে।"

3. How would you prove that calx or ash is heavier than metal ? ধাতু অপেক্ষা ধাতুভস্ম ভারী কি প্রকারে প্রমাণ করিবে ?

4. Petrol when burnt leaves nothing. How can you reconcile this fact to the law of conservation of mass ? পেট্রোল পুড়িলে ইহা নিঃশেষিত হয়। ইহার সহিত ভরের নিত্যতা-সূত্র কি প্রকারে খাপ খাওয়াইবে ?

তৃতীয় অধ্যায়

[**Course Content :** Laws of definite proportion and multiple proportions : Examples to illustrate the laws. Dalton's Atomic theory. Explanation of the laws of chemical combination by weight by this theory may well be omitted.]

রাসায়নিক সংযোগ-সূত্র

(Laws of Chemical Combination)

১০। **রাসায়নিক সংযোগ সূত্র :** পৃথিবী অগণিত বস্তু-সম্ভারে পূর্ণ হইলেও মূল পদার্থ মাত্র বিরানব্বইটি। এই বিরানব্বইটি মৌলিক পদার্থের পরমাণু বিভিন্ন সংখ্যায় ও বিভিন্ন ব্যবস্থাপনায় (arrangement) রাসায়নিক ভাবে যুক্ত হইয়া পৃথিবীর লক্ষ লক্ষ যৌগিক পদার্থ সৃষ্ট করে। যৌগিক পদার্থ মৌলিক পদার্থের পরমাণুর সমবায়ে গঠিত হয় কিন্তু মৌলিক পদার্থের পরমাণুগুলি যদৃচ্ছাক্রমে যুক্ত হইতে পারে না। একটি মৌলিক পদার্থের পরমাণু অন্য কোন মৌলিক পদার্থের পরমাণুর সহিত কত সংখ্যায় বা কত ওজনে যুক্ত হইবে তাহা সুনির্দিষ্ট সূত্র দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়। ইহার একচুলও এদিক-ওদিক হয় না। এই সূত্রগুলিকে **রাসায়নিক সংযোগ সূত্র** বলে। পাঁচটি সূত্র দ্বারা সমস্ত রাসায়নিক সংযোগ নিয়ন্ত্রিত হয় :

(ক) জড়ের নিত্যতা-সূত্র (ল্যাভয়সিয়ার 1789),

(খ) স্থিরানুপাত সূত্র (Law of Constant Proportion, প্রাউস্ট, 1799),

(গ) গুণানুপাত সূত্র (Law of Multiple Proportion, ডাল্টন 1803),

(ঘ) মিথোনুপাত বা তুল্যাঙ্ক-অনুপাত সূত্র (Law of Reciprocal or Equivalent Proportion, রিখটার 1792),

(ঙ) গ্যাসায়তন সূত্র (Law of Gaseous Volumes, গে লুসাক 1808)।

প্রথম চারিটি সূত্র জড়ের ওজন-সম্পর্কিত এবং শেষোক্ত সূত্র জড়ের আয়তন-সম্পর্কিত।

১১। **জড়ের নিত্যতা সূত্রঃ যে কোন রাসায়নিক ক্রিয়ার পূর্বে ও পরে জড়ের মোট ভর বা ওজন একই থাকে।** অন্য কথায়, ক্রিয়াশীল পদার্থের ভর বা ওজন=উৎপন্ন পদার্থের ভর বা ওজন।

দৃষ্টান্তঃ যদি X ওজনের হাইড্রোজেন ও Y ওজনের অক্সিজেনের রাসায়নিক ক্রিয়ায় Z ওজনের জল উৎপন্ন হয়, তবে $X+Y=Z$ হইবেই।

৮নং অনুচ্ছেদে এই সূত্র পূর্ণভাবে আলোচিত হইয়াছে।

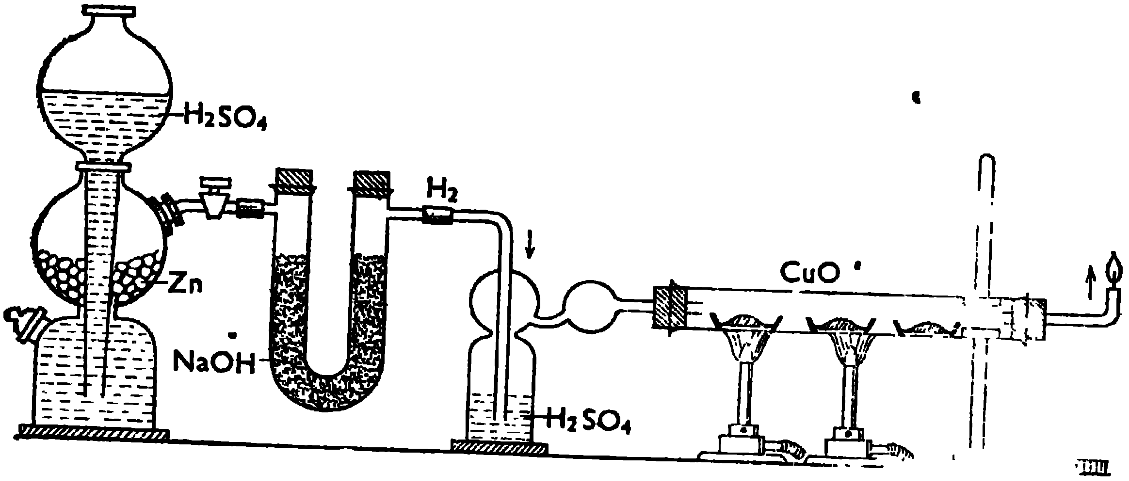
১২। **স্থিরানুপাত** (স্থির অর্থাৎ একই অনুপাত) **সূত্রঃ প্রত্যেক যৌগ সর্বদাই একই প্রকার মৌলের দ্বারা গঠিত হয়** এবং **মৌলগুলির ওজনের অনুপাত নির্দিষ্ট থাকে।** অর্থাৎ প্রত্যেক যৌগের উপাদান নির্দিষ্ট এবং উপাদানের ওজনের অনুপাতও নির্দিষ্ট থাকে, যৌগ যে-কোন উপায়ে প্রস্তুত করা হউক না কেন; প্রাউস্ট (Proust) 1799 খৃষ্টাব্দে বিভিন্ন পরীক্ষার দ্বারা এই সূত্র আবিষ্কার করেন।

A ও B মৌল যুক্ত হইয়া AB যৌগ উৎপন্ন হইলে এই সূত্র অনুসারে (i) AB যৌগ যে-কোন প্রকারেই উৎপন্ন হউক না কেন ইহাতে সর্বদাই A ও B মৌল থাকিবে; (ii) যদি এক প্রণালীতে A-এর a গ্রাম B-এর b গ্রামের সঙ্গে যুক্ত হইয়া এবং যদি আর এক প্রণালীতে A-এর x গ্রাম B-এর y গ্রামের সঙ্গে যুক্ত হইয়া AB যৌগ উৎপন্ন করে তবে $\frac{a}{b}=\frac{x}{y}$।

দৃষ্টান্তঃ সমুদ্র, পুকুর, নদী প্রভৃতি নানা জায়গা হইতে জল লইয়া বিশুদ্ধ করিয়া তড়িৎ দ্বারা বিশ্লেষণ করিলে দেখা যাইবে যে, সব ক্ষেত্রেই জলে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন পাওয়া যায় এবং 9 ভাগ জলে 8 ভাগ অক্সিজেন ও 1 ভাগ হাইড্রোজেন থাকে।

পরীক্ষাঃ কপার নাইট্রেট, কপার কারবনেট বা কপার হাইড্রক্সাইড উত্তপ্ত করিয়া বিশুদ্ধ কালো কপার অক্সাইড (CuO) প্রস্তুত কর; $2Cu(NO_3)_2 = 2CuO + 4NO_2 + O_2$, $CuCO_3 = CuO + CO_2$, $Cu(OH)_2 = CuO + H_2O$. এই নমুনাগুলিকে 1, 2, 3 নম্বর দাও। পরিষ্কার ও শুষ্ক পোর্সলিন নৌকাকে (boat) বারংবার উত্তপ্ত ও শীতল করিয়া ওজন কর, যতক্ষণ না নৌকাটির শেষ দুইটি ওজন এক হয়। নৌকায় সামান্য 1নং নমুনা রাখ। পুনরায় নৌকাকে ওজন কর। নমুনাসহ নৌকাকে অনুভূমিক ভাবে স্থাপিত একটি শক্ত দহন কাচনলে (Combustion tube) রাখ। নলের দুই মুখে

দুইটি সরু নলযুক্ত ছিপি লাগাও। কিপস্ যন্ত্র হইতে প্রস্তুত হাইড্রোজেনকে কস্টিক সোডা ও গাঢ় H_2SO_4 অ্যাসিডের মধ্য দিয়া শুষ্ক ও বিশুদ্ধ করিয়া সরু কাচ-নলের সাহায্যে দহন নলের মধ্য প্রবাহিত করাও এবং সঙ্গে সঙ্গে নলের যে স্থানে নৌকা আছে সেই স্থানকে খুব উত্তপ্ত কর। কপার অক্সাইড বিজারিত (reduced) হইয়া ধাতব কপারে পরিণত হয়। সমস্ত কপার অক্সাইড কপারে পরিণত হইলে গ্যাস বন্ধ কর। নৌকাকে ঠাণ্ডা কর। নৌকাকে পর পর উষ্ণ ও শোষকাধারে শীতল করিয়া ওজন কর যতক্ষণ না শেষ দুই ওজন সমান হয়। এইরূপ 2, 3 নং নমুনা লইয়া পরীক্ষা কর।



৮ নং চিত্র—কপার অক্সাইডকে H_2 গ্যাসে উত্তপ্ত করা হইতেছে।

গণনা : মনে কর, নৌকার ওজন $= W$ গ্রাম,

নৌকা $+$ CuO-র ওজন $= W_1$ গ্রাম,

নৌকা ও Cu-এর ওজন $= W_2$ গ্রাম,

$\therefore$ CuO-এর ওজন $= (W_1 - W)$ গ্রাম,

Cu-র ওজন $= (W_2 - W)$ গ্রাম,

$\therefore$ অক্সিজেনের ওজন = CuO-এর ওজন − Cu-এর ওজন $= (W_1 - W_2)$ গ্রাম

$$\text{কপার \% ভাগ} = \frac{100 \times (W_2 - W)}{W_1 - W}.$$

$$\text{অক্সিজেনের \% ভাগ} = \frac{100 \times (W_1 - W_2)}{W_1 - W}.$$

CuO-র বিভিন্ন নমুনায় একই মৌল Cu ও O-র অনুপাত 63·5 : 16 নির্দিষ্ট থাকে।

পরীক্ষা ঃ খড়িমাটিকে ($CaCO_3$) উত্তপ্ত করিলে চুন ও কারবন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

বিভিন্ন ওজনের বিশুদ্ধ খড়িমাটিকে মুষাতে (crucible) লইয়া প্রবলভাবে অনেকক্ষণ উত্তপ্ত কর। কারবন ডাই-অক্সাইড গ্যাস চলিয়া যাইবে। মুষাতে চুন পড়িয়া থাকিবে। পর পর উত্তপ্ত ও শীতল করিয়া মুষাকে ওজন কর, যতক্ষণ না মুষার শেষ দুই ওজন এক হয়। প্রত্যেক বার দেখিবে ওজনের হ্রাস শতকরা 44 ভাগ হইয়াছে।

অঙ্ক ঃ *Sodium chloride pvoduced in three ways was found to contain sodium and chlorine only. They gave the following results on analysis :—(i) 3·2 gms. of sodium chloride gave 1·940 gms. of chlorine. (2) 10·0 gms. of sodium chloride gave 6·068 gms. of chlorine. (3) 5·3 gms. of sodium chloride gave 3·216 gms. of chlorine. Show that these figures illustrate the law of constant proportion.*

তিনটি নমুনাতেই সোডিয়াম ও ক্লোরিন আছে। ইহা স্থিরানুপাত সূত্রের প্রথম অংশ ব্যাখ্যা করে।

১নং নমুনায় ঃ—

3·2 গ্রাম NaClতে 1·940 গ্রাম ক্লোরিন থাকে।

$\therefore$ 100 গ্রাম NaClতে $\frac{1{\cdot}940 \times 100}{3{\cdot}2} = 60{\cdot}62$ গ্রাম ক্লোরিন এবং ($100 - 60{\cdot}62 =$) 39·38 গ্রাম Na থাকে।

২নং নমুনায় ঃ—

100 গ্রাম NaClতে $\frac{6{\cdot}068 \times 100}{10} = 60{\cdot}68$ গ্রাম ক্লোরিন এবং ($100 - 60{\cdot}68 =$) 39·32 গ্রাম Na থাকে।

৩নং নমুনায় ঃ—

100 গ্রাম NaClতে $\frac{3{\cdot}216 \times 100}{5{\cdot}3} = 60{\cdot}67$ গ্রাম ক্লোরিন থাকে এবং ($100 - 60{\cdot}67$) $= 39{\cdot}33$ গ্রাম Na থাকে।

সুতরাং প্রত্যেক নমুনায় শতকরা হিসাবে ক্লোরিন ও সোডিয়ামের অনুপাত নির্দিষ্ট আছে।

১৩। **গুণানুপাত সূত্রঃ যখন দুইটি বিভিন্ন মৌল যুক্ত হইয়া একাধিক বিভিন্ন যৌগ উৎপন্ন করে তখন একটি মৌলের নির্দিষ্ট ওজনের সহিত অপর মৌলের যে সকল বিভিন্ন ওজন যুক্ত হয়, সেই ওজনগুলির অনুপাত সরল (simple) হয়।** অর্থাৎ অনুপাত ছোট পূর্ণ সংখ্যা হয়, যথা 1 : 2, 3 : 4, 5 : 6 ; ভগ্নাংশ যথা 1·2 : 3·5 হয় না।

দৃষ্টান্তঃ (ক) জলে 2 গ্রাম হাইড্রোজেনের সহিত 16 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হয়। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডে 2 গ্রাম হাইড্রোজেনের সহিত 32 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হয়। দুই যৌগে হাইড্রোজেনের (2 গ্রাম) নির্দিষ্ট ওজন যথাক্রমে অক্সিজেনের 16 ও 32 গ্রামের সহিত যুক্ত হয়।

∴ অক্সিজেনের অনুপাত 16 : 32 = 1 : 2—সরল পূর্ণসংখ্যা।

(খ) নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন নিম্নলিখিত যৌগ উৎপন্ন করে।

নাইট্রাস অক্সাইডে (N_2O)	—1 গ্রাম নাইট্রোজেন + 0·57 গ্রাম অক্সিজেন
নাইট্রিক অক্সাইডে (NO)	—1 গ্রাম নাইট্রোজেন + 1·14 গ্রাম অক্সিজেন
নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইডে (N_2O_3)	—1 গ্রাম নাইট্রোজেন + 1·71 গ্রাম অক্সিজেন
নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডে (N_2O_4)	—1 গ্রাম নাইট্রোজেন + 2·28 গ্রাম অক্সিজেন
নাইট্রোজেন পেন্টক্সাইডে (N_2O_5)	—1 গ্রাম নাইট্রোজেন + 2·85 গ্রাম অক্সিজেন

0·57 দিয়া অক্সিজেনের সংখ্যাগুলিকে ভাগ করিলে আমরা 1, 2, 3, 4, 5 সংখ্যা পাই। অতএব 1 গ্রাম নাইট্রোজেনের সহিত অক্সিজেনের বিভিন্ন ওজন যাহা যুক্ত হয় তাহাদিগের অনুপাত সরল পূর্ণ সংখ্যা।

(গ) কারবন ও অক্সিজেন দুইটি যৌগ CO ও CO_2 গঠন করে।

কারবন মনোক্সাইডে (CO) 1 গ্রাম কারবন+1·33 গ্রাম অক্সিজেন আছে।

কারবন ডাইঅক্সাইডে (CO_2) 1 গ্রাম কারবন+2·66 গ্রাম অক্সিজেন আছে।

দুই যৌগে অক্সিজেনের বিভিন্ন ওজন যাহা 1 গ্রাম কারবনের সঙ্গে যুক্ত থাকে তাহাদের অনুপাত 1·33 : 2·66 বা 1 : 2 – সরল অনুপাত।

নিম্নলিখিত পরীক্ষা পৃথকভাবে কর।

পরীক্ষাঃ ১১ নং অনুচ্ছেদের পরীক্ষার মত দুইটি শুষ্ক নৌকা পর পর উত্তপ্ত ও শোষকাধারে শীতল করিয়া পৃথকভাবে নির্দিষ্ট ওজন নির্ণয় কর। একটি নৌকায় কালো বিশুদ্ধ ও শুষ্ক কিউপ্রিক অক্সাইড (CuO) এবং একটি

নৌকায় বিশুদ্ধ ও শুষ্ক লাল কিউপ্রাস অক্সাইড (Cu_2O) রাখ। পুনরায় পৃথকভাবে ওজন কর। নৌকা দুইটিকে পৃথকভাবে অনুভূমিক শক্ত B দহন কাচনলে রাখিয়া খুব উত্তপ্ত কর। নলের মধ্য দিয়া শুষ্ক বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন গ্যাস প্রবাহিত করাও। হাইড্রোজেন দ্বারা অক্সাইড বিজারিত হয়, নৌকায় কপার পড়িয়া থাকে ; পর পর উষ্ণ ও শীতল করিয়া দুই নৌকা পৃথকভাবে ওজন কর যতক্ষণ না শেষ দুই ওজন এক হয়। ১১নং অনুচ্ছেদের মত গণনা করিলে দেখা যাইবে, দুই যৌগে 1 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত কপারের বিভিন্ন ওজনের অনুপাত 1 : 2 হয়।

দৃষ্টান্ত : *An element forms two oxides containing respectively 53·33 and 36·36 per cent of oxygen. Show that these figures illustrate the law of multiple proportions. (Delhi Prop. 1940)*

প্রথম অক্সাইডের 100 গ্রামে অক্সিজেনের ওজন = 53·33 গ্রাম।

$\therefore$ মৌলের ওজন = 100 − 53·33 = 46·67 গ্রাম।

$\therefore$ 46·67 গ্রাম মৌল 53·33 অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়।

দ্বিতীয় অক্সাইডের 100 গ্রামে অক্সিজেনের ওজন = 36·36 গ্রাম

$\therefore$ মৌলের ওজন = 100 − 36·36 = 63·64 গ্রাম

দ্বিতীয় অক্সাইডে 53·53 গ্রাম অক্সিজেন

$\frac{63{\cdot}64 \times 53{\cdot}53}{36{\cdot}36} = 93{\cdot}35$ গ্রাম মৌলের সঙ্গে যুক্ত হয়।

সুতরাং অক্সিজেনের নির্দিষ্ট ওজন 53·53 গ্রামের সঙ্গে 46·67 গ্রাম ও 93·35 গ্রাম মৌল যুক্ত হয়। ইহাদের অনুপাত = 46·67 : 93·35 = 1 : 2.

১৪। মিথোনুপাত সূত্র : যখন দুই বা ততোধিক মৌল যে যে বিভিন্ন ওজনের অপর একটি মৌলের কোন নির্দিষ্ট ওজনের সহিত স্বতন্ত্রভাবে যুক্ত হয় তখন যদি প্রথমোক্ত মৌলগুলি পরস্পর যুক্ত হইতে চায় তবে তাহারা সেই ওজনে অথবা তাহাদের যে-কোন একটি বা দুইটির সরল গুণিতকে (Simple multiple) যুক্ত হইবে।

ব্যাখ্যা : যদি 'A' মৌলের x গ্রাম এবং 'B' মৌলের y গ্রাম পৃথকভাবে 'C' মৌলের z গ্রামের সহিত যুক্ত হইয়া AC ও BC যৌগ সৃষ্টি করে তবে A ও B মৌল পরস্পর যুক্ত হইলে তাহাদের সংযোগের

ওজন x : y অনুপাত অথবা x বা y-এর কোন সরল গুণিতক 2x : y বা x : 2y ইত্যাদি হইবে।

দৃষ্টান্ত :—

1 গ্রাম হাইড্রোজেন + 8 গ্রাম অক্সিজেন = জল
" " " + 16 " সাল্‌ফার = হাইড্রোজেন সাল্‌ফাইড
" " " + 23 গ্রাম সোডিয়াম = সোডিয়াম হাইড্রাইড
" " " + 35·5 " ক্লোরিন = হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড

সুতরাং যখন সাল্‌ফার ও অক্সিজেন যুক্ত হইয়া সাল্‌ফার ডাইঅক্সাইড (SO_2) উৎপন্ন হয় তখন তাহাদের ওজনের অনুপাত 16 : 8 না হইয়া 16 : 8×2 হয়। যখন ক্লোরিন ও সোডিয়াম যুক্ত হইয়া সাধারণ লবণ ($NaCl$) উৎপন্ন হয় তখন তাহাদের ওজনের অনুপাত 35·5 : 23 হয়।

১৫। **গ্যাসায়তন সূত্র : যখন বিভিন্ন গ্যাস যুক্ত হয় তখন তাহাদের আয়তন এবং উৎপন্ন যৌগের (যদি গ্যাস হয়) আয়তনের অনুপাত সরল পূর্ণ সংখ্যা হয় যদি আয়তন একই উষ্ণতা ও চাপে মাপা যায়।**

দৃষ্টান্ত : (i) 2 ঘঃ সেঃ হাইড্রোজেন + 1 ঘঃ সেঃ অক্সিজেন = 2 ঘঃ সেঃ মিঃ স্টীম ∴ ইহাদের আয়তনের অনুপাত = 2 : 1 : 2.

(ii) 1 ঘঃ সেঃ মিঃ নাইট্রোজেন + 3 ঘঃ সেঃ মিঃ হাইড্রোজেন = 2 ঘঃ সেঃ মিঃ অ্যামোনিয়া গ্যাস ∴ ইহাদের আয়তনের অনুপাত = 1 : 3 : 2.

১৬। **ডাল্‌টনের পরমাণুবাদ (Dalton's Atomic Theory) :** ডাল্‌টন হিন্দু (কনাদ) ও গ্রীক পণ্ডিতগণের পরমাণু সম্পর্কীয় দার্শনিক মতবাদের বৈজ্ঞানিক ব্যাখ্যা দেন। ডালটন পরমাণুর সাধারণ ধর্ম কি ও কিভাবে পরমাণুর সমবায়ে যৌগ গঠিত হয় তাহা প্রকাশ করেন। এই পরমাণুবাদের উপর রসায়নের ভিত্তি সুপ্রতিষ্ঠিত হয়। ডাল্‌টনের পরমাণুবাদ অনুসারে :

(ক) প্রত্যেক মৌল বহুসংখ্যক অতি ক্ষুদ্র কণা দ্বারা গঠিত। পদার্থের কণার নাম **পরমাণু**। (খ) কণাগুলি রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় বিভক্ত হয় না বা সৃষ্ট হয় না বা ধ্বংস হয় না। আকারে বা ওজনে ইহাদের কোন পরিবর্তন হয় না। কণাগুলি অবিভাজ্য (indivisible)। (গ) একই মৌলের সকল পরমাণুর ওজন ও ধর্ম সর্বতোভাবে এক হয়। (ঘ) বিভিন্ন মৌলের

পরমাণু বিভিন্ন ওজন ও ধর্ম বিশিষ্ট হয়। (ঙ) দুই বা ততোধিক বিভিন্ন মৌল **সরল অনুপাতে** পরস্পর যুক্ত হইয়া যৌগ উৎপন্ন করে। পৃথিবীতে প্রায় 92 রকম মৌলিক পদার্থ আছে। সুতরাং 92 রকম বিভিন্ন পরমাণু আছে। এই 92 রকম বিভিন্ন পরমাণুর বিভিন্ন সমবায়ে পৃথিবীর লক্ষ লক্ষ যৌগিক পদার্থ উৎপন্ন হইয়াছে।

দৃষ্টান্ত ঃ হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন দুইটি মৌল। ইহারা পরমাণু দ্বারা গঠিত। হাইড্রোজেনের সমস্ত পরমাণুর একই ওজন (1) ও উহারা একই ধর্মবিশিষ্ট হয়। সেইরূপ অক্সিজেনের সমস্ত পরমাণু একই ওজন (16) ও একই ধর্মবিশিষ্ট হয়। কিন্তু ধর্মবিশিষ্ট হয়। অক্সিজেনের পরমাণুর ধর্ম ও ওজন হাইড্রোজেনের পরমাণুর ওজন ও ধর্ম হইতে পৃথক হয়। জলে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের পরমাণুর অনুপাত 2 : 1 .

এই পরমাণুগুলি এত ক্ষুদ্র যে, ইহাদের ওজন ও আয়তন কল্পনাও করা যায় না। একটি হাইড্রোজেনের পরমাণুর ওজন $1{\cdot}6 \times 10^{-26}$ গ্রাম। একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ব্যাস $= 12 \times 10^{-9}$ সেঃ মিঃ।

১৬ (ক)। **পরমাণুবাদ ও নিত্যতা সূত্র ঃ** পরমাণুবাদ অনুসারে পরমাণু অবিভাজ্য। সুতবাং রাসায়নিক ক্রিয়ার পূর্বে যতগুলি পরমাণু থাকে রাসায়নিক ক্রিয়ার পরেও ততগুলি পরমাণুই থাকে। প্রত্যেক পরমাণুর নির্দিষ্ট ওজন আছে। সুতরাং রাসায়নিক ক্রিয়ার পূর্বে ক্রিয়াশীল পদার্থের পরমাণুর ওজন এবং পরে উৎপন্ন পদার্থের পরমাণুর ওজন সমান থাকে।

$$\begin{array}{lcl} 2H_2 + O_2 & = & 2H_2O \\ 2 \times 2 \times 1 \;\; 16 \times 2 & & 2 \times 2 + 16 \times 2 \\ \quad = 36 & & \quad = 36 \end{array}$$

[**শিক্ষণ নির্দেশ ঃ** প্রত্যেক সূত্র দৃষ্টান্তের সাহায্যে বোঝানো দরকার। দৃষ্টান্ত মনে রাখিলেই সূত্রও মনে থাকিবে। পরমাণুবাদের সাহায্যে সংযোগসূত্রের ব্যাখ্যা পাঠক্রমের অন্তর্ভুক্ত নয়। পরমাণুর ইলেক্‌ট্রোনিয় মতবাদ একাদশ শ্রেণীর অন্তর্ভুক্ত]

প্রশ্নাবলী

1. State and explain the law of Constant Proportion with example. Describe an experiment to prove it, স্থিরানুপাত সূত্র উদাহরণসহ বিবৃত ও ব্যাখ্যা কর। ইহার প্রমাণের জন্য পরীক্ষা বর্ণনা কর। (C. U. 1933, '40 ; B. U. 1937)

2. State and explain the law of Multiple Proportion with examples. Describe an expriment to verify its truth. গুণানুপাত সূত্র উদাহরণসহ বিবৃত ও ব্যাখ্যা কর। ইহার সত্যতা নিরূপণের জন্য পরীক্ষা বর্ণনা কর।

(C, U. 1921, '36, '40, '49 ; B. U. 1927 ; P. U. 1928)

3. State Dalton's Atomic Theory. ডালটনের পরমাণুবাদ বিবৃত কর।

(C. U, 1915, '17, '29, '42)

4. Three oxides of a metal contain respectively 92·81%. 90·61%. 86·56% of the metal. Examine whether these figures illustrate the law of multiple proportion. (Ans : Wts. of oxygen which combine with the same weight of the metal are the ratio 3 : 4 : 6)

5. Wt. of copper oxide obtained by treating 3·18 gms. of matallic copper with nitric acid and subsequent heating was 3·98 gms.

In another experiment wt. of metallic copper obtained by passing a current of hydrogen over 1·06 gm. of heated cupric oxide was found to be 0·847 gm. Are these figures in accordance with the law of constant proportions (Ans : Yes : % of O =25·16, 25·15 :)

6. What law of chemical combination explains the formation of the following groups of compounds. State the law and explain it with reference to them.

(i) CH_4, C_2H_6, C_2H_2

(ii) MnO, Mn_3O_4, Mn_2O_3, MnO_2

(iii) FeO, Fe_2O_3, Fe_3O_4

[At. wt : Mn=55, C=12, H=1, O=16, Fe=56,]

চতুর্থ অধ্যায়

[**Course Content :** Ammonia—Preparation (laboratory method as also synthesis), properties, use. Description of commercial plants not required. Catalytic oxidation to nitric oxide and nitric acid. Refrigeration. Visit to any ice factory. Ammonium salts—their uses, oxidation in the soil.]

১৭। নাইট্রোজেনের যৌগ ঃ

নাইট্রোজেনের ও হাইড্রোজেনের যৌগকে **অ্যামোনিয়া**, নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের যৌগকে **নাইট্রোজেনের অক্সাইড** এবং নাইট্রোজেন, অক্সিজেন ও হাইড্রোজেনের যৌগকে **নাইট্রাস** ও **নাইট্রিক অ্যাসিড** বলে।

অ্যামোনিয়া (Ammonia)

ফরমূলা—NH_3, আঃ ওজন—17. স্ফুটনাঙ্ক $= -33{\cdot}4°C$; গলনাঙ্ক—$-77{\cdot}7°C$.

১৭ (ক)। **অবস্থান ঃ** প্রাচীনকালে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের (স্যাল্ অ্যামোনিয়াক Sal ammoniac-NH_4Cl) ব্যবহার জানা ছিল। ভারতে ইহার নাম নিশাদল। 1775. খ্রীষ্টাব্দে প্রিষ্টলে প্রথম NH_4Cl ও চুন উত্তপ্ত করিয়া অ্যামোনিয়া প্রস্তুত করেন। 1785 খ্রীষ্টাব্দে বার্থোলে দেখান যে অ্যামোনিয়া হাইড্রোজেন ও নাইট্রোজেনের যৌগ। নাইট্রোজেনযুক্ত জৈব পদার্থ (যথা, মলমূত্র) পচিয়া যাইলে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়। ইহা বায়ুতে মিশিয়া যায় অথবা মাটিতে অ্যামোনিয়াম লবণরূপে থাকিয়া যায়। সেজন্য প্রস্রাবখানায়, গোশালায় ও আস্তাবলে প্রায়ই অ্যামোনিয়ার তীব্র ঝাঁঝালো গন্ধ পাওয়া যায়। বায়ুমণ্ডলে, স্বাভাবিক জলে, আগ্নেয়গিরির নিকটে ইহা মুক্ত অবস্থায় ও অন্যান্য পদার্থের সহিত যুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায়। উষ্ণমণ্ডলের মাটি হইতে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড সংগৃহীত হয়।

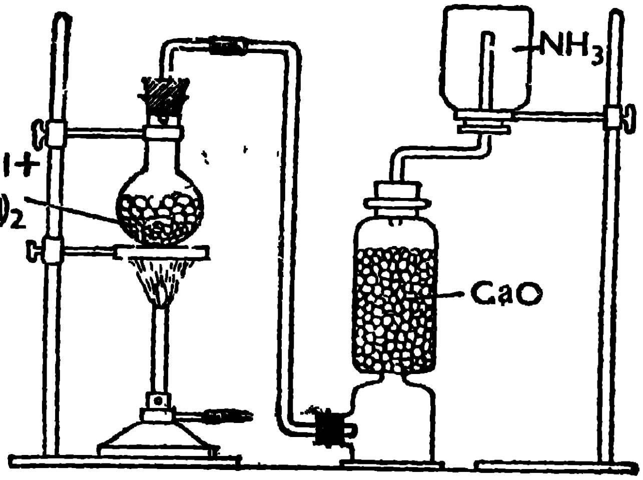
১৮। **অ্যামোনিয়ার উৎস ঃ** কোল-গ্যাস-কারখানায় উপজাত অ্যামোনিয়া-দ্রবণ (ammoniacal liquor), নাইট্রোজেনযুক্ত জৈব পদার্থ (মল মূত্র, ক্ষুর, শিং, রক্ত প্রভৃতি) এবং অ্যামোনিয়ার লবণ অ্যামোনিয়া প্রস্তুতের প্রধান উৎস।

১৯। প্রস্তুত-প্রণালী ঃ (ক) **নীতি ঃ** অ্যামোনিয়া ক্ষীণ ক্ষারক ; চুন ও কস্টিক সোডা তীব্র ক্ষারক ; সুতরাং অ্যামোনিয়ার যে কোন লবণের সহিত তীব্র ক্ষারকের ক্রিয়া হইলে অ্যামোনিয়া ও ক্ষার ধাতুর লবণ উৎপন্ন হয়। পরীক্ষাগারে সাধারণতঃ অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড বা নিশাদল) ও ক্যাল্‌সিয়াম হাইড্রক্সাইড বা কলিচুনের (Slaked lime) মিশ্রণকে গরম করা হয়।

$$2NH_4Cl+Ca(OH)_2=2NH_3+CaCl_2+2H_2O.$$

$$2NH_4Cl+CaO=CaCl_2+2NH_3+H_2O.$$

পরীক্ষা ঃ শুষ্ক গুঁড়া অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও দ্বিগুণ পরিমাণ শুষ্ক কলিচুন খলে মিশাও। মিশ্রণকে ফ্লাস্কে রাখ। ফ্লাস্ককে দণ্ডে বন্ধনী দিয়া আটকাও। ফ্লাস্কের মুখে ছিপি লাগাইয়া ইহার ভিতর দিয়া নির্গম-নল লাগাও। নলের অপর প্রান্ত CaOপূর্ণ স্তম্ভের (tower) নীচের দিকে লাগাও। স্তম্ভের উপর মুখে নির্গম-নল লাগাও। ফ্লাস্ককে বুনসেন দীপ দিয়া সাবধানে গরম কর। উদ্ভূত অ্যামোনিয়া গ্যাসের সঙ্গে জলীয় বাষ্প (ক্রিয়ায় উৎপন্ন) মিশিয়া থাকে। আর্দ্র গ্যাস নির্গমনল দিয়া বাহির হইয়া চুনপূর্ণ শুষ্কীকরণ স্তম্ভের মধ্য দিয়া অতিক্রম করে। অ্যামোনিয়া গ্যাস শুষ্ক হইয়া দ্বিতীয় নির্গম নল দিয়া বায়ুর নিম্নভ্রংশ (downward displacement) দ্বারা উপুড়-করা গ্যাস-জারে জমে, কারণ অ্যামোনিয়া গ্যাস বায়ুর চেয়ে হাল্‌কা। গ্যাস জারের মুখে সিক্ত লাল লিটমাস কাগজ ধরিলে ইহা যদি নীল হয় তবে বুঝিবে জার গ্যাসে পূর্ণ হইয়াছে।



৯ নং চিত্র—অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড হইতে অ্যামোনিয়া উৎপাদন

দ্রষ্টব্য : (1) NH_3 গ্যাস H_2SO_4, P_2O_5 ও $CaCl_2$-এর সঙ্গে যথাক্রমে $(NH_4)_2SO_4$, $(NH_4)_3PO_4$ ও $CaCl_2, 8NH_3$ যৌগিক পদার্থ উৎপন্ন করে ; $2NH_3+H_2SO_4=(NH_4)_2SO_4$; $6NH_3+P_2O_5+3H_2O=2(NH_4)_3PO_4$; $CaCl_2+8NH_3=CaCl_2, 8NH_3$ । সুতরাং NH_3 গ্যাস ইহাদের কোনটার দ্বারা শুষ্ক করা যায় না। NH_3 গ্যাস CaOর দ্বারা শুষ্ক করা হয়। (2) NH_3 গ্যাস জলে খুব দ্রাব্য। সেইজন্য ইহাকে হয় পারদের উপর কিংবা বায়ুর নিম্নভ্রংশ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়।

(খ) জায়মান হাইড্রোজেন দ্বারা নাইট্রিক অ্যাসিড, নাইট্রাইট ও নাইট্রেট বিজারিত হইয়া NH_3 উৎপন্ন হয়।

$$NaNO_3+8H=NaOH+2H_2O+NH_3.$$

$$NaNO_2+6H=NaOH+H_2O+NH_3.$$

(গ) কতকগুলি অ্যামোনিয়াম লবণকে শুধু উত্তপ্ত করিলেই অ্যামোনিয়া উদ্ভূত হয়।

$$(NH_4)_2SO_4=NH_3+(NH_4)HSO_4.$$

(ঘ) ধাতব নাইট্রাইডের সহিত ফুটন্ত জলের ক্রিয়ায় NH_3 উৎপন্ন হয়।

$$Mg_3N_2+6H_2O=3Mg\,(OH)_2+2NH_3$$

(ঙ) সাধারণ উষ্ণতায় নিরবচ্ছিন্ন অ্যামোনিয়া প্রবাহ পাইতে হইলে Liquor Ammoniaকে বিন্দু-পাতন ফানেল হইতে শাঙ্কব (conical) ফ্লাস্কে কস্টিক সোডার উপর ফোঁটা ফোঁটা ফেলিতে হয়। (৫৪ পৃষ্ঠায় ৩৯ নং চিত্র)

২০। **অ্যামোনিয়ার শিল্প-উৎপাদন :** (ক) কয়লায় 1—1·5% নাইট্রোজেন ও কিছু হাইড্রোজেন থাকে। কয়লার বায়ুনিরুদ্ধ পাত্রে অন্তর্ধূম পাতন দ্বারা যখন কোল-গ্যাস (coal gas) প্রস্তুত হয়, তখন কয়লার নাইট্রোজেন মুক্ত হইয়া অ্যামোনিয়ায় ও অ্যামোনিয়ার লবণে পরিণত হয়। ইহারা পাতিত হইয়া কোল-গ্যাসের সঙ্গে চলিয়া যায়। এই কোল-গ্যাস জলের মধ্য দিয়া অতিক্রম করাইলে NH_3 জলে দ্রবীভূত হয়। এই দ্রবণকে Ammoniacal liquor বলে। ইহাতে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড (NH_4OH) ও প্রধানতঃ অ্যামোনিয়াম সাল্ফেট $(NH_4)_2SO_4$ থাকে। 1 টন কয়লা হইতে 12—14 সের অ্যামোনিয়াম সাল্ফেট পাওয়া যায়। এই Ammoniacal liquorকে চুনসহ স্টীম দ্বারা ফুটাইয়া উদ্ভূত অ্যামোনিয়াকে বরফমিশ্রিত জলে দ্রবীভূত করা হয়। বাজারে এই জলের গাঢ় দ্রবণ Liquor Ammoniaরূপে

বিক্রয় হয়। উদ্ভূত অ্যামোনিয়া গ্যাসকে অনেক সময় সীসার ট্যাঙ্কে 60% সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডে শোষণ করিয়া **অ্যামোনিয়াম সাল্‌ফেট** $(NH_4)_2SO_4$ স্ফটিকরূপে কেলাসিত করা হয়। ইহা বাজারে সারের জন্য বিক্রয় হয়। ইহা হইতে চুন দিয়া সহজেই অ্যামোনিয়া গ্যাস পাওয়া যায়।

১০ নং চিত্র—বৈজ্ঞানিক হেবার

(খ) **হেবার পদ্ধতি (Haber's Process)** ঃ **নীতি** ঃ হাইড্রোজেন ও নাইট্রোজেন সুবিধাজনক অবস্থায়-যুক্ত হইয়া অ্যামোনিয়া গঠন করে।

$N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3 + 22{\cdot}8$ ক্যালরি

1 আঃ $+$ 3 আঃ $=$ 2 আঃ

$\therefore$ সংকোচন $=$ 2 আঃ

এই সমীকরণ হইতে দেখা যায় যে, (ক) ক্রিয়া দুই মুখী (reversible), (খ) ক্রিয়া তপোৎপাদক (exothermic) ; (গ) ক্রিয়ার ফলে আয়তন সংকোচন হয়।

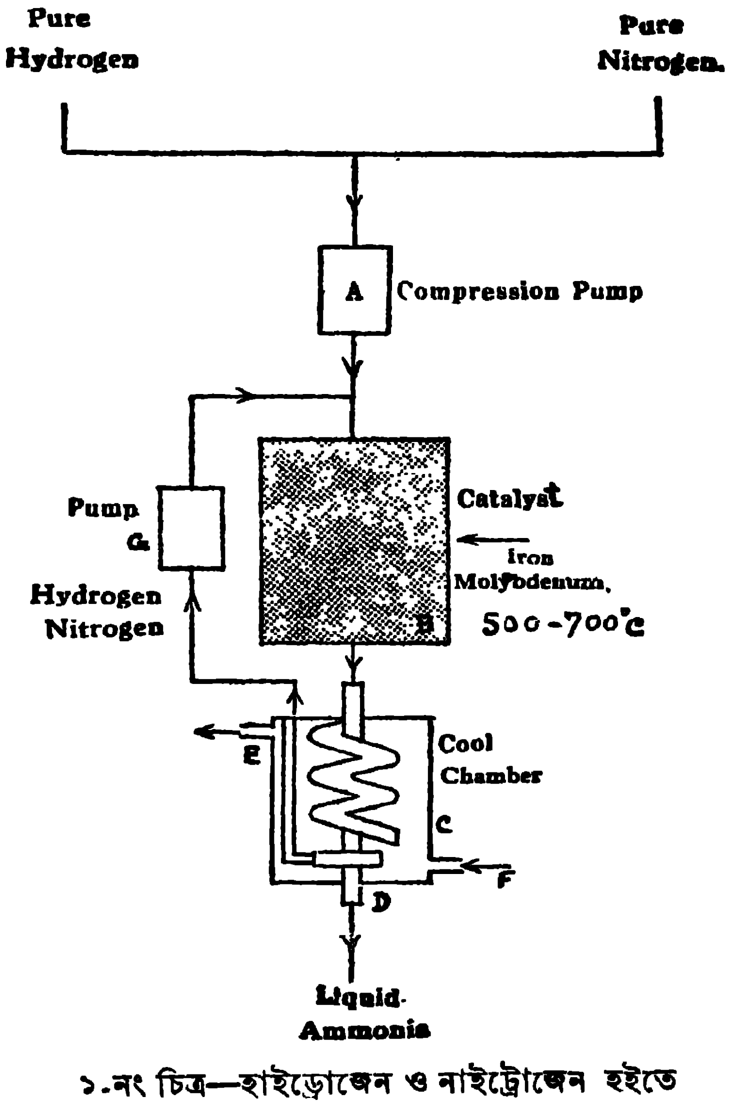
সুতরাং অ্যামোনিয়া অধিক পরিমাণে উৎপন্ন হয় (ক) যদি ক্রিয়ার উষ্ণতা মধ্যম রকমের (optimum) থাকে (খ) যদি একটি অনুঘটকের সাহায্য লওয়া হয় ; (গ) যদি চাপ বেশী হয় ; (ঘ) যদি বিপরীতমুখী ক্রিয়াকে বন্ধ করিবার জন্য অ্যামোনিয়া যেমন গঠিত হয় তেমন ক্রিয়ার আওতা হইতে সরাইয়া লওয়া হয়। পরীক্ষার দ্বারা হেবার দেখান যে মধ্যম উষ্ণতা $=$ 550°C ও চাপ $=$ 200 বায়ুমণ্ডলের চাপ হইলেই অ্যামোনিয়ার পরিমাণ বেশী হয়।

পদ্ধতি ঃ বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন (1 ঃ 3 আয়তনিক অনুপাতে) মিশ্রিত করিয়া A পাম্পের সাহায্যে 200 বায়ুমণ্ডলের চাপে সংকুচিত করিয়া স্টীলের B প্রকোষ্ঠে (converter) পাঠানো হয়। এই প্রকোষ্ঠের বাহিরে একটি কঞ্চুক (jacket) থাকে। প্রথমে সংকুচিত গ্যাস-মিশ্রণ কঞ্চুকের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হইয়া B-প্রকোষ্ঠে প্রবেশ করে। (চিত্রে কঞ্চুক দেখানো হয় নাই)।

হাইড্রোজেন ও নাইট্রোজেন নিম্নলিখিত যে কোন পদ্ধতিতে পাওয়া

যায় :—(i) জলের বিশ্লেষণ দ্বারা হাইড্রোজেন উৎপন্ন করা যায়। (ii) তরল বায়ু হইতে নাইট্রোজেন উৎপন্ন করা যায়। (iii) জল গ্যাস ($CO+H_2$) ও প্রোডিউসার গ্যাসকে ($CO+N_2$) কে পৃথকভাবে স্টীম মিশাইয়া মিশ্রণকে Fe_2O_3 ও Cr_2O_3 ভর্তি কাচনলের ভিতর দিয়া 500°C উষ্ণতায় অতিক্রম করাইলে কারবন মনোক্সাইড CO_2 তে পরিণত হয়। Fe_2O_3 অনুঘটক এবং Cr_2O_3 অনুঘটক সহায়কের কাজ করে ; $CO+H_2O=CO_2+H_2$.

CO_2কে অধিক চাপে জলে দ্রবীভূত করিয়া অপসারিত করিলে H_2 ও N_2 পৃথকভাবে পাওয়া যায়।



১-নং চিত্র—হাইড্রোজেন ও নাইট্রোজেন হইতে অ্যামোনিয়া প্রস্তুত

তড়িতের সাহায্যে B প্রকোষ্ঠের উষ্ণতা 500°—700°C রাখা হয়। এই প্রকোষ্ঠে বিভিন্ন তাকে (shelf) অনুঘটক সূক্ষ্ম বিশুদ্ধ লোহার গুঁড়া ও অনুঘটক-সহায়ক (promoter) মলিব্‌ডেনাম (Molybdenum) বা পটাসিয়াম অক্সাইড (K_2O) ছড়ানো থাকে। এই প্রকোষ্ঠে H_2 ও N_2-এর ক্রিয়ায় অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়। অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হইবার সময় যথেষ্ট তাপ উদ্ভূত হয়। শীতল গ্যাস মিশ্রণ কঞ্চুকের মধ্য দিয়া যাইবার সময় এই উদ্ভূত তাপে উত্তপ্ত হইয়া B প্রকোষ্ঠে প্রবেশ করে। এই অ্যামোনিয়ার সহিত মুক্ত N_2 ও H_2 মিশ্রিত থাকে। তৎপরে গ্যাস-মিশ্রণ (15%NH_3 এবং 85% মুক্ত N_2 ও H_2) অধিক চাপে C শীতকে (cooling chamber) হিমমিশ্রে শীতল করা হয়।

এই হিমমিশ্র ইথার ও কঠিন কার্বন ডাইঅক্সাইড মিশ্রিত করিয়া প্রস্তুত হয়। ইহার উষ্ণতা —60° হইতে —70°C থাকে। শীতকে অ্যামোনিয়া তরল হইয়া D নল দিয়া বাহির হয়। মুক্ত নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন গ্যাসকে নূতন নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন গ্যাসের সহিত মিশাইয়া G পাম্প দিয়া B প্রাকোষ্ঠে পুনরায় পাঠানো হয়। এই প্রকোষ্ঠে আবার NH_3 গঠিত হয়। NH_3কে ক্যালসিয়াম সাল্‌ফেট (Gypsum) ও কারবন ডাইঅক্সাইড দ্বারা শোষিত করিলে অ্যামোনিয়াম সাল্‌ফেট $(NH_4)_2SO_4$ গঠিত হয়; $CaSO_4+CO_2+2NH_3+H_2O=CaCO_3+(NH_4)_2SO_4$.

বারুদ প্রস্তুতে নাইট্রিক অ্যাসিড দরকার হয়। প্রথম মহাযুদ্ধের সময় জার্মানিতে নাইট্রেটের অভাব হওয়ায় বিজ্ঞানী হেভার নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন হইতে অ্যামোনিয়া প্রস্তুত করেন। অ্যামোনিয়াকে জারিত করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত হয়।

(গ) সায়ানামাইড পদ্ধতি পরে বর্ণিত হইয়াছে।

২০। **অ্যামোনিয়ার ধর্ম : ভৌত ধর্ম :** অ্যামোনিয়া বর্ণহীন, তীব্র ঝাঁঝাল গন্ধযুক্ত গ্যাস। ইহা জলে খুব দ্রাব্য। 1 আয়তন জল 0°Cতে 1250 আয়তন অ্যামোনিয়া গ্যাস দ্রবীভূত করে। বায়ু অপেক্ষা গ্যাস হাল্‌কা। ইহা সহজে তরলীভূত হয় (10°C উষ্ণতায় 6 বায়ুমণ্ডলের চাপে)। ইহাকে আরো শীতল করিলে কঠিন অবস্থায় পরিণত হয়। Liquor অ্যামোনিয়াতে 36% অ্যামোনিয়া থাকে।

রাসায়নিক ধর্ম : জলীয় দ্রবণ : (ক) অ্যামোনিয়া জলের সহিত আমোনিয়াম হাইড্রক্সাইড—$NH_4(OH)$ গঠন করে; $NH_3+H_2O=NH_4OH$। $NH_4(OH)$ জলে NH_4^+ ও $(OH)^-$ আয়নে বিভক্ত হয়। জলের দ্রবণে মুক্ত NH_3ও থাকে। কতকগুলি ধাতুর দ্রাব্য লবণ NH_4OH-এর সহিত ক্রিয়া করিলে অদ্রাব্য হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়; $FeCl_3+3NH_4OH=Fe(OH)_3+3NH_4Cl$। কোন কোন অধঃক্ষিপ্ত হাইড্রক্সাইড অতিরিক্ত NH_4OH-এ অ্যামাইন (ammine) নামক জটিল যৌগ উৎপন্ন করে। ইহা জলে দ্রবীভূত হয়।

$CuSO_4+2NH_4OH=Cu(OH)_2$ (অদ্রাব্য) + $(NH_4)_2SO_4$.

$Cu(OH)_2+4NH_4OH=[Cu(NH_3)_4](OH)_2$ (দ্রাব্য) $+4H_2O$.

অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণকে উত্তপ্ত করিলে পুনরায় গ্যাস পাওয়া যায় :—

$$NH_4OH \rightarrow NH_3 + H_2O.$$

(খ) অ্যামোনিয়া বায়ুতে দাহ্য বা দহনের সহায়ক নহে। কিন্তু অক্সিজেনে ইহা হলদে শিখার সহিত জ্বলে :

$$4NH_3 + 3O_2 = 2N_2 + 6H_2O.$$

NH_3 পূর্ণ জারে জ্বলন্ত পাটকাঠি ঢোকাও। NH_3 জ্বলে না, কাঠিও নিবিয়া যায়।

NH_3 ও বায়ুর (1:7·5 আয়তনিক অনুপাত) মিশ্রণ 500°C উষ্ণতায় প্লাটিনাম জালির উপর দিয়া দ্রুত অতিক্রম করাইলে NH_3 জারিত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইড হয় ; $4NH_3 + 5O_2 = 6H_2O + 4NO$,

NH_3 ও O_2-এর (1 : 2 আয়তনিক অনুপাত) মিশ্রণকে প্লাটিনাম জালির উপর দিয়া কিছু স্টীমের সঙ্গে দ্রুত প্রবাহিত করিলে নাইট্রিক অ্যাসিডের পাতলা দ্রবণ উৎপন্ন হয়।

$$NH_3 + 2O_2 = HNO_3 + H_2O.$$

অ্যামোনিয়া ও অক্সিজেনের শুষ্ক মিশ্রণে অগ্নিসংযোগ করিলে বিস্ফোরণ ঘটে।

(গ) শুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাস উত্তপ্ত পটাসিয়াম ও সোডিয়ামের সহিত পটাসিয়াম বা সোডিয়ামের অ্যামাইড (amide) KNH_2 বা $NaNH_2$ গঠন করে।

$$2NH_3 + 2Na = 2NaNH_2 + H_2 \text{ ; } 2K + 2NH_3 = 2KNH_2 + H_2$$

এ্যামাইড জলের সহিত ক্রিয়া করিলে অ্যামোনিয়া পুনর্গঠিত হয় ;

$$NaNH_2 + H_2O = NaOH + NH_3.$$

উত্তপ্ত ম্যাগনেসিয়াম অ্যামোনিয়ার সহিত নাইট্রাইড (Nitride) উৎপন্ন করে ; $3Mg + 2NH_3 = Mg_3N_2 + 3H_2$.

(ঘ) **ক্ষারীয় ধর্ম :** অ্যামোনিয়া ক্ষারীয় পদার্থ, সেইজন্য ইহার জলীয় দ্রবণ হাতে পিচ্ছিল লাগে। ইহাতে OH আয়ন থাকে, তবে KOH, NaOH এর মত ইহা তীব্র ক্ষার নয়। ইহা লাল লিটমাসকে নীল করে, অ্যাসিডকে প্রশমিত করিয়া অ্যামোনিয়াম লবণ গঠন করে কিন্তু জল গঠন করে না।

$$NH_3 + HNO_3 = NH_4NO_3.$$

$$2NH_3 + H_2SO_4 = (NH_4)_2SO_4.$$

(ঙ) Liquor অ্যামোনিয়াকে উত্তপ্ত করিলে অ্যামোনিয়া পাওয়া যায়।

(চ) অ্যামোনিয়া উচ্চ তাপ (1000°C) ও তড়িৎ দ্বারা বিশ্লিষ্ট হয়।

$$2NH_3 = N_2 + 3H_2.$$

(ছ) অ্যামোনিয়া ও ক্লোরিন ক্রিয়া করিলে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। এই হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অতিরিক্ত অ্যামোনিয়ার সহিত অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের সাদা ধোঁয়া গঠন করে ;

$$2NH_3 + 3Cl_2 = N_2 + 6HCl$$

$$6NH_3 + 6HCl = 6NH_4Cl$$

অতিরিক্ত ক্লোরিনের সঙ্গে অ্যামোনিয়া নাইট্রোজেন ট্রাইক্লোরাইড NCl_3 গঠন করে। ইহা বিস্ফোরক।

$$NH_3 + 3Cl_2 = NCl_3 + 3HCl.$$

(জ) অ্যামোনিয়া ক্ষীণ **বিজারক**। ইহা উত্তপ্ত ধাতব অক্সাইড হইতে O_2কে টানিয়া লইয়া অক্সাইডকে (CuO, Ag_2O) বিজারিত করে এবং নিজে ভাঙ্গিয়া N_2তে পরিণত হয়।

$$3CuO + 2NH_3 = 3Cu + 3H_2O + N_2,$$

(ঝ) অ্যামোনিয়া ও হাইড্রোজেন সালফাইড যুক্ত হয়।

$$NH_3 + H_2S = NH_4HS$$

২২। অ্যামোনিয়ার ধর্মের পরীক্ষা :

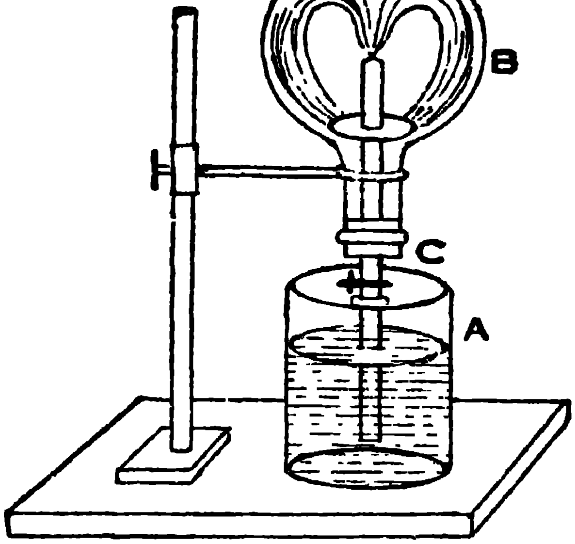
কয়েকটি অ্যামোনিয়া গ্যাসপূর্ণ গ্যাসজার লও।

(ক) **অ্যামোনিয়া গ্যাস অদাহ্য :** অ্যামোনিয়াপূর্ণ গ্যাস-জারে জলন্ত কাঠি ঢোকাও, কাঠি নিবিয়া যায়। গ্যাসও জ্বলে না।

(খ) **অ্যামোনিয়া গ্যাস বায়ুর চেয়ে হাল্কা :** উপরে বায়ুপূর্ণ গ্যাস-জার ও নীচে অ্যামোনিয়াপূর্ণ গ্যাস-জার মুখোমুখী কিছুক্ষণ ধরিলে নীচের জারে বায়ু চলিয়া আসে এবং উপরের জারে অ্যামোনিয়া জমে। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডসিক্ত কাচদণ্ড উপরের জারের মুখে ধরিলে NH_4Cl-এর সাদা ধোঁয়া দেখা যায়।

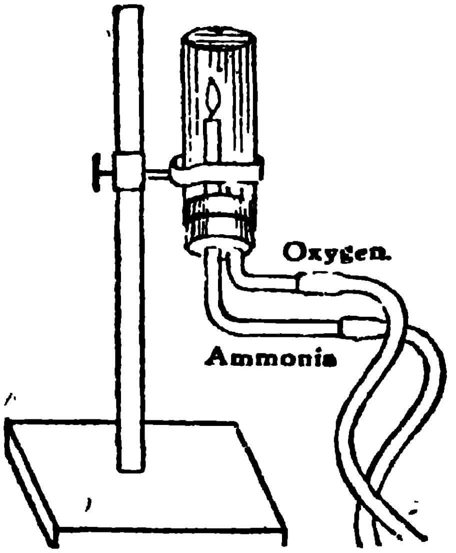
(গ) **ফোয়ারা পরীক্ষা :** (Fountain Experiment) **: জলে দ্রাব্যতার ও ক্ষারীয় গুণের প্রমাণ :** একটি শুষ্ক NH_3 গ্যাসপূর্ণ গোল তলাবিশিষ্ট B ফ্লাস্কের মুখে C কর্কের মধ্য দিয়া প্যাচকলযুক্ত সরু নল লাগাও।

ফ্লাস্ককে বন্ধনী দ্বারা আটকাও। নলের শেষ প্রান্ত A পাত্রের লাল লিটমাসযুক্ত জলে ডুবাও। প্যাঁচকল খুলিয়া দাও। ফ্লাস্কের উপর একটু ইথার ঢাল। ইথারের দ্রুত বাষ্পীভবনে ফ্লাস্ক শীতল হয় এবং অ্যামোনিয়া গ্যাস সংকুচিত হয়। সুতরাং ফ্লাস্কের ভিতরে আংশিক শূন্যতা হয়। এই শূন্যতা পূরণের জন্য কয়েক ফোঁটা রঙিন জল C নল দিয়া উপরে উঠিয়া অ্যামোনিয়াকে দ্রবীভূত করে। ফ্লাস্কে হঠাৎ চাপ-হ্রাস হয় এবং জল ফোয়ারার আকারে ফ্লাস্কের ভিতর গায়ে ছড়াইয়া পড়ে। এই জলের বর্ণ নীল হয়। এই পরীক্ষা অ্যামোনিয়ার জলে **অতিরিক্ত দ্রাব্যতা** এবং **ক্ষারীয় ধর্ম** প্রমাণ করে।



১২নং চিত্র—ফ্লাস্কের ভিতর রঙিন জল ফোয়ারার মত ছড়াইয়া পড়িতেছে

(ঘ) **অ্যামোনিয়া অক্সিজেনে জ্বলে ঃ** একটি কাচের চিমনির মুখে কর্ক দিয়া সমকোণে বাঁকানো একটি দীর্ঘ ও একটি ছোট কাচনল ঢোকাও। দীর্ঘ নলটি চিমনির শেষ প্রান্তে পৌছায় এবং ছোটটি ঠিক কর্কের উপর শেষ হয়। কর্কের উপর কিছু তুলা রাখ। প্রথমে ছোট নল দিয়া অক্সিজেন এবং একটু পরে বড় নল দিয়া শুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাস চিমনিতে ঢোকাও। হাত দিয়া কিছুক্ষণ চিমনির উপরের মুখ বন্ধ করিয়া রাখ। পরে বড় নলের মুখে অ্যামোনিয়াকে প্রজ্বলিত কর। ইহা হল্দে শিখার সহিত জ্বলে।



১৩নং চিত্র—অক্সিজেনের পরিবেশে অ্যামোনিয়া জ্বলিতেছে

২৩। অ্যামোনিয়ার অভীক্ষণ ঃ (ক) অ্যামোনিয়ার গন্ধ তীব্র ঝাঁঝালো। **(খ)** ইহা ক্ষারীয় ধর্মের জন্য লাল লিটমাসকে নীল করে। **(গ)** ইহা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের গ্যাসের সঙ্গে NH_4Clএর সাদা ধোঁয়া

উৎপন্ন করে। NH_3 গ্যাসপূর্ণ জারের মুখে HCl দ্রবণ সিক্ত কাচদণ্ড ধরিলে উহাদের সংযোগস্থলে সাদা ধোঁয়া দেখা যায়। **(ঘ) নেসলার (Nessler) পরীক্ষা**ঃ একটি বীকারে মারকিউরিক আয়োডাইড (HgI_2) ও পটাসিয়াম আয়োডাইড (KI) মিশাও। এখন পটাসিয়াম মারকিউরিক আয়োডাইড ($2KI+HgI_2=K_2HgI_4$) পাইবে। অতিরিক্ত কস্টিক পটাশ দ্রবণের মধ্যে পটাসিয়াম মারকিউরিক আইয়োডাইড দ্রবণ মিশাইলে মিশ্রণকে বর্ণহীন Nessler's দ্রবণ বলে। অ্যামোনিয়া Nessler's দ্রবণের সাদা বর্ণকে বাদামী করে। অতি সামান্য অ্যামোনিয়ার (10^7 ভাগ জলে 1 ভাগ-অ্যামোনিয়া) উপস্থিতি এই পরীক্ষা দ্বারা ধরা যায়। **(ঙ)** অ্যামোনিয়া মারকিউরাস নাইট্রেটকে [$Hg_2(NO_3)_2$] কালো করে।

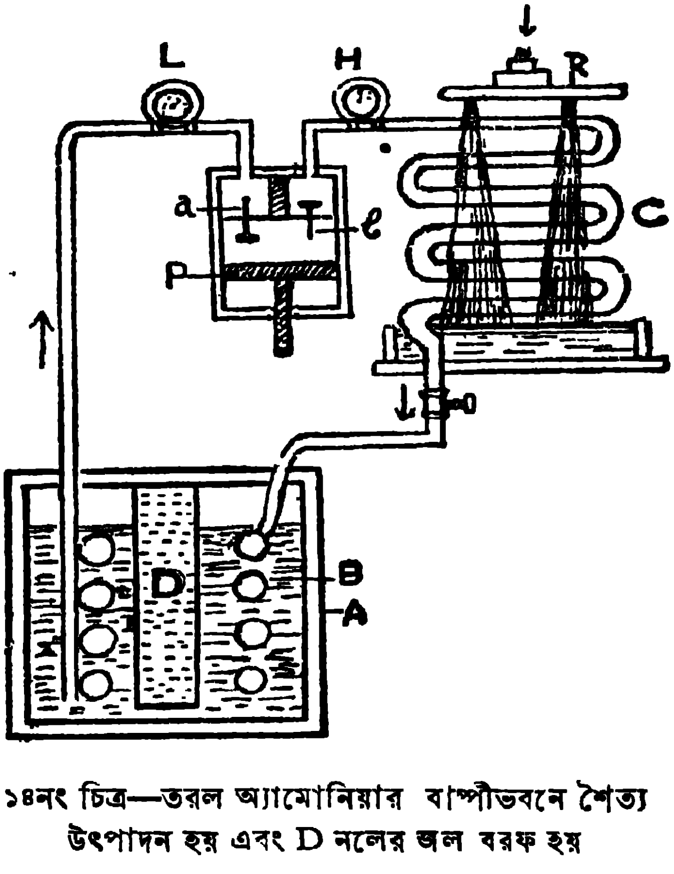
২৪। **অ্যামোনিয়ার ব্যবহার**ঃ **(ক)** তরল অ্যামোনিয়া শীতলীকরণে (refrigeration) ও বরফ প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়। **(খ)** জলে অ্যামোনিয়ামের দ্রবণ রসায়নের পরীক্ষায় বিকারক (reagent) ও ঔষধরূপে ব্যবহৃত হয়। **(গ)** অ্যামোনিয়া সল্‌ভে প্রণালী (Solvay Process) অনুসারে সোডিয়াম কারবনেট (Na_2CO_3) প্রস্তুতে, অ্যামোনিয়াম লবণ প্রস্তুতে, নাইট্রিক অ্যাসিড (ওস্টওয়াল্ড প্রণালীতে) প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়। **(চ)** অ্যামোনিয়াম লবণ যথা, অ্যামোনিয়াম সালফেট, অ্যামোনিয়াম ফস্‌ফেট $(NH_4)_3PO_4$তে অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট (1 ভাগ $CaCO_3+1$ ভাগ NH_4NO_3) সাররূপে ব্যবহৃত হয়। **(ছ)** অ্যামোনিয়া বিশ্লিষ্ট করিয়া ঝালাই করিবার জন্য হাইড্রোজেন উৎপন্ন করা হয়। **(জ)** অ্যামোনিয়া কৃত্রিম রেশম প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়।

২৫। **হিমায়ক (Refrigerator)**ঃ দ্রুত বাষ্পীভবনে শৈত্যোৎপাদনের নীতির উপর এই যন্ত্রগুলি নির্মিত হয়। অ্যামোনিয়া, কারবন ডাইঅক্সাইড বা সালফার ডাইঅক্সাইড গ্যাসের উপর চাপ দিলে ইহাদিগকে তরল করা যায়। আবার হঠাৎ চাপ-হ্রাসে তরল দ্রুত বাষ্পীভূত হইয়া গ্যাসে পরিণত হয়। ইহারা লীন তাপ শোষণ করে এবং ইহাদের উষ্ণতাও কমিয়া যায়। এই নীতির উপর **হিমায়ক প্রস্তুত হয়**। 1 গ্রাম তরল NH_3 এর বাষ্পীভবনের সময় 330 ক্যালরি তাপ শোষণ করে। এই তাপ শোষণের ফলে 4 গ্রাম জল বরফ হয়। পচনশীল দ্রব্য, যথা মাংস, ফল প্রভৃতি শৈত্যাধারে (cold storage) সংরক্ষিত করা হয়। হিমায়ক দ্বারা গরম দেশে ঘর-

গুলিকে শীতল রাখা (air-condition) হয়। ঘরের ভিতর ছাদের কাছে অবস্থিত নলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত তরল SO_2 বা CO_2 বা NH_3-এর বাষ্পীভবনে শৈত্য উৎপাদন করা হয়।

২৬। • **বরফ-কল (Ice-machine) :** এই যন্ত্রে নিম্নলিখিত অংশ থাকে ; (ক) একটি বড় A আধারে (tank) সাধারণ লবণের তীব্র দ্রবণ (brine) থাকে। দ্রবণের মধ্যে পেঁচাল নল (coil, evaporator) Bতে তরল অ্যামোনিয়া বা তরল কারবন ডাইঅক্সাইড থাকে। (খ) আর একটি পেঁচাল C নলের (condenser) উপর দিয়া জলস্রোত চলে। (গ) D পাত্রগুলিতে জল থাকে। D পাত্র লবণ-দ্রবণের মধ্যে বসানো থাকে। (ঘ) পাম্প P নিষ্কাশক ও সংকোচক দুই পাম্পের কাজ করে। এই পাম্প তড়িৎ বা স্টীম এঞ্জিন দ্বারা চালিত হয়।

ক্রিয়া : (ক) পাম্প যখন সংকোচনের কাজ করে তখন পাম্প অ্যামোনিয়া গ্যাসকে প্রায় 155 পাউণ্ড চাপে C নলে প্রবেশ করায়। গ্যাসের সংকোচনে তাপ উৎপন্ন হয়। R নল হইতে প্রবাহিত ঠাণ্ডা জলস্রোত তাপ হ্রাস করে। অ্যামোনিয়া গ্যাস সাধারণ উষ্ণতাতেই অধিক চাপে C নলে তরল হয়। (খ) তরল অ্যামোনিয়াকে V কপাট দ্বারা নিয়ন্ত্রিত করিয়া B নলে ঢুকানো হয়। এইবার পাম্পকে নিষ্কাশক পাম্পরূপে চালাইয়া B নলের চাপ কামানো হয়। ইহাতে তরল অ্যামোনিয়া খুব শীঘ্র শীঘ্র বাষ্পীভূত হয় এবং লবণ-দ্রব হইতে লীন তাপ (latent heat) গ্রহণ করে। লবণ-দ্রবণের তাপ দ্রুত হ্রাস পাইতে থাকে। বাষ্পীভূত অ্যামোনিয়া গ্যাসকে পুনরায় পাম্প দ্বারা



১৪নং চিত্র—তরল অ্যামোনিয়ার বাষ্পীভবনে শৈত্য উৎপাদন হয় এবং D নলের জল বরফ হয়

সংকুচিত করিয়া C নলে অধিক চাপে ঢোকানো হয়। B নলে চাপ কখনই 34 পাউণ্ডের বেশি উঠিতে দেওয়া হয় না। এই লবণ-দ্রবণের উষ্ণতা 16°F ডিগ্রীতে নামিয়া আসে। D পাত্রের জল জমিয়া বরফ হয়। একই অ্যামোনিয়া বা কারবন ডাইঅক্সাইড বরাবর ব্যবহার করা হয় বলিয়া বরফের দাম সস্তা হয়।

২৭। অ্যামোনিয়াম লবণ (**Ammonium Salts**) **:** (ক) অ্যামোনিয়া একটি ক্ষারক, সুতরাং ইহা বিভিন্ন অ্যাসিডের সহিত যুক্ত হইয়া লবণের সৃষ্টি করে। ইহাদিগকে **অ্যামোনিয়াম লবণ** বলে। অ্যামোনিয়া খুব ক্ষীণ ক্ষারক কিন্তু লবণগুলি সুস্থিত যৌগ এবং পটাসিয়াম ও সোডিয়াম ধাতুর লবণের মত সমাকৃতি। তীব্র ক্ষার অ্যামোনিয়াম লবণ হইতে অ্যামোনিয়াকে মুক্ত করে, কারণ অ্যামোনিয়া উদ্বায়ী ক্ষারক।

$$(NH_4)_2SO_4 + 2NaOH = Na_2SO_4 + 2NH_3 + 2H_2O.$$

(খ) কতকগুলি অ্যামোনিয়াম লবণ উচ্চ তাপ দ্বারা বিয়োজিত (decomposed) হয় : $NH_4Cl \rightleftharpoons NH_3 + HCl.$

অ্যামোনিয়া ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের মিশ্রণকে শীতল করিলে উহারা পুনরায় যুক্ত হইয়া অ্যামোনিয়াম লবণ গঠন করে। তাপের দ্বারা বিয়োজনকে **তাপীয়** বিয়োজন (Thermal Dissociation) বলে।

(গ) অ্যামোনিয়ার সহিত বিভিন্ন অ্যাসিড প্রশমিত করিয়া কিংবা অ্যামোনিয়াম সাল্‌ফেট হইতে অ্যামোনিয়ার অন্যান্য লবণ প্রস্তুত হয়।

$$\text{(i)}\quad NH_3 + HCl = NH_4Cl$$

অ্যামোনিয়াম সাল্‌ফেট [$(NH_4)_2SO_4$] **:** (i) কয়লার অন্তর্ধূম পাতন দ্বারা বা হেবার প্রণালীতে প্রাপ্ত অ্যামোনিয়াকে সোজাসুজি লঘু সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডের সহিত সংযুক্ত করিয়া অ্যামোনিয়াম সাল্‌ফেট প্রস্তুত হয়।

$$2NH_3 + H_2SO_4 = (NH_4)_2SO_4.$$

(ii) বিচূর্ণ ক্যালসিয়াম সাল্‌ফেট (জিপসাম $CaSO_4, 2H_2O$) জলের সহিত মিশাইয়া উহার ভিতর কারবন ডাই-অক্সাইড ও অ্যামোনিয়া গ্যাস চাপ সহযোগে প্রবাহিত করিলে অ্যামোনিয়াম সাল্‌ফেট ক্যালসিয়াম কার্বনেট অধঃক্ষেপরূপে পাওয়া যায়।

$$2NH_3 + CO_2 + H_2O + CaSO_4 = (NH_4)_2SO_4 + CaCO_3$$

সম্প্রতি রাজস্থানে জিপসম (Gypsum $CaSO_4, 2H_2O$) আকরিক আবিষ্কৃত হওয়ায় এই প্রণালীতে সিন্ধ্রীতে ($(NH_4)_2SO_4$ উৎপন্ন করা সুবিধাজনক হইয়াছে।

অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড (NH_4Cl) **ও অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট** (NH_4NO_3) : অ্যামোনিয়াম সাল্‌ফেটের সঙ্গে পৃথকভাবে যথাক্রমে সোডিয়াম ক্লোরাইড ও সোডিয়াম নাইট্রেট একত্র ফুটাইলে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট প্রস্তুত হয়।

(i) $(NH_4)_2SO_4 + 2NaCl = Na_2SO_4 + 2NH_4Cl.$

(ii) $(NH_4)_2SO_4 + 2NaNO_3 = Na_2SO_4 + 2NH_4NO_3.$

জলে সোডিয়াম সালফেটের দ্রাব্যতা কম। সুতরাং দ্রবণকে শীতল করিলে প্রথমে $Na_2SO_4, 10H_2O$ কেলাসিত হয়। উহাকে পরিস্রাবণ দ্বারা পৃথক করিয়া অবশিষ্ট দ্রবণকে ঘনীভূত করিলে NH_4Cl বা NH_4NO_3 পৃথক হয়। অ্যামোনিয়ার সহিত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড মিশাইলে NH_4Cl এবং নাইট্রিক অ্যাসিড মিশাইলে NH_4NO_3 উৎপন্ন হয়।

অ্যামোনিয়াম কারবনেট [$(NH_4)_2CO_3$] : অ্যামোনিয়াম সাল্‌ফেটের সঙ্গে খড়িমাটি উত্তপ্ত করিলে অ্যামোনিয়াম কারবনেট উৎপন্ন ও উর্ধ্বপাতিত হয়।

$$(NH_4)_2SO_4 + CaCO_3 \rightleftarrows (NH_4)_2CO_3 + CaSO_4$$

অ্যামোনিয়াম লবণের ধর্ম : অ্যামোনিয়াম লবণগুলি জলে অত্যন্ত দ্রবণীয় এবং ইহারা বিদ্যুৎ-পরিবাহী। অ্যামোনিয়াম লবণগুলি উদ্বায়ী। ইহাদিগকে উত্তপ্ত করিলে সহজেই উৎক্ষিপ্ত (sublime) হয়। অ্যামোনিয়াম লবণের ধর্ম অনেকটা ক্ষার ধাতুর লবণের মত। জারক অ্যাসিডের অ্যামোনিয়াম লবণকে উত্তপ্ত করিলে N_2 বা নাইট্রোজেনের অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$NH_4NO_2 \rightarrow N_2 + 2H_2O.$$

$$NH_4NO_3 \rightarrow N_2O + 2H_2O.$$

কতকগুলি অ্যামোনিয়াম লবণের জলীয় দ্রবণ অ্যাসিডধর্মী এবং কতকগুলি লবণ ক্ষারধর্মী হয়।

$$NH_4Cl + H_2O = NH^4OH + HCl.$$

$$(NH_4)_2CO_3 + H_2O = NH_4OH + H_2O + CO_2.$$

অ্যামোনিয়াম লবণের ব্যবহার ঃ অ্যামোনিয়াম সালফেট অন্যান্য অ্যামোনিয়াম লবণ প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়। অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড দস্তালেপনে (zinc-plating), শুষ্ক ব্যাটারি প্রস্তুতে, ঔষধে, ঝাল দিতে ও রঞ্জনশিল্পে, অ্যামোনিয়াম সাল্‌ফেট সাররূপে ও বিকারক (reagent) রূপে, অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট বিস্ফোরক প্রস্তুতে ও সার হিসাবে ব্যবহৃত হয়। অ্যামোনিয়াম কারবনেট ঘ্রাণ লইবার লবণে (smelling salt) $(NH_4)_2CO_3$ ও একটু CaO-এর মিশ্রণ ঔষধে ও রুটি সেঁকিতার গুঁড়া প্রস্তুতে ও রঞ্জন-শিল্পে ব্যবহৃত হয়। আমাদের দেশে সাল্‌ফারের অত্যন্ত অভাব বলিয়া অ্যামোনিয়াম সালফেটের বদলে অ্যামোনিয়াম নাইট্রেটই সাররূপে ব্যবহৃত হয়।

দ্রষ্টব্য ঃ NH_4 একটি **মূলক** (radical)। ইহাকে **অ্যামোনিয়াম** বলে। এই মূলক নিজে বিশ্লিষ্ট না হইয়া রাসায়নিক ক্রিয়ায় একটি পরমাণুর মত অংশ গ্রহণ করে।

[**শিক্ষণ-নির্দেশ ঃ** নাইট্রোজেনের বিষয় নবম শ্রেণীতে বিবৃত হইয়াছে। আমোনিয়ার সংযুতি পাঠ্যক্রমভুক্ত নয়। শিল্পোৎপাদন পদ্ধতির যন্ত্রের বিস্তৃত বিবরণের প্রয়োজন নাই। অ্যামোনিয়ার ধর্মমূলক পরীক্ষাগুলি ক্লাসে দেখানো বিশেষ প্রয়োজন। কোন একটি বরফ-কল পাঠ্যক্রমের অন্তর্ভুক্ত। কোন বরফ-কল ছাত্রদিগকে দেখানো উচিত।]

Questions

1. What are the usual sources of ammonia? How is pure and dry ammonia prepared in the laboratory? Give a sketch of the apparatus. অ্যামোনিয়ার স্বাভাবিক উৎস কি? পরীক্ষাগারে বিশুদ্ধ ও শুষ্ক অ্যামোনিয়া কি প্রকারে প্রস্তুত করিবে? যন্ত্রের একটি নক্‌শা আঁক।

(C. U. 1917, '20. '35, '46,' 54, '56 ; Mad. 1930 ; Punj. 1937)

2. What would be the effect of passing ammonia gas into a dilute solution of nitric acid and then evaporating the solution to dryness and heating the solid residue? পাতলা নাইট্রিক অ্যাসিডের মধ্যে অ্যামোনিয়া গ্যাস দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণকে বাষ্পীভবনের দ্বারা শুকাইয়া, কঠিন অবশেষকে উত্তপ্ত করিলে কি হয়? (C. U. '35).

3. How would you obtain a jar of dry ammonia? Why can you not dry ammonia with H_2SO_4, P_2O_5 or $CaCl_2$? Why is it not collected over

water ? Describe one experiment each to demonstrate its solubillity in water, inflammability, lightness and basic character. শুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাস পূর্ণ একটি জার কি প্রকারে পাইবে ? H_2SO_4, P_2O_5, $CaCl_2$ দিয়া NH_3 কেন শুষ্ক করা যায় না ? ইহার জলে দ্রাব্যতা, অদাহ্যতা, লঘুতা, ক্ষারীয় ধর্ম দেখাইবার জন্য পৃথক পরীক্ষা বর্ণনা কর। (C. U. 1917. '20. '35. '46 ; Pat. '37 ; Mad. '30).

4. How is ammonia manufactured ? অ্যামোনিয়া কি প্রকারে শিল্প হিসাবে উৎপন্ন হয় ? (C. U. 1932, '35, '37, '48)

5. Give the true statements : (i) NH_3 is an acid, (ii) NH_3 is insoluble in water, (iii) NH_3 burns in air, (iv) $(NH_4)_2SO_4$ is a manure. সত্য উক্তি বল : (i) NH_3 একটি অ্যাসিড, (ii) NH_3 জলে অদ্রাব্য, (iii) NH_3 বায়ুতে জ্বলে, (iv) $(NH_4)_2SO_4$ একটি সার। (C. U. 1937 ; Benaras '20)

6. How would you detect the presence of ammonia in minute quantities ? Outline the physical and chemical properties of NH_3. সামান্য পরিমাণে NH_3-র অস্তিত্ব কি প্রকারে ধরিবে ? NH_3-র ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের মোটামুটি বিবরণ দাও। (C. U. '28, ,29, '54, '56)

7. What is an Ammonium salt ? Describe the preparation, properties and uses of $(NH_4)_2SO_4$, NH_4Cl, NH_4NO_3 (অ্যামোনিয়াম লবণ কাহাকে বলে ? $(NH_4)_2SO_4$, NH_4Cl ও NH_4NO_3 লবণের প্রস্তুত-প্রণালী, ধর্ম ও ব্যবহার বল।)

8. Show that ammonia is an alkali. দেখাও যে অ্যামোনিয়া একটি ক্ষার।

9. What are the actions of NH_3 on : (i) H_2SO_4 (ii) $ZnSO_4$ sol. (iii) $CuSO_4$ sol. (iv) $FeCl_3$ sol. (v) hot Na. (vi) excess of Cl_2. (vii) CO_2 and H_2O. (viii) $Hg(NO_3)_2$. (ix) sol of HgI_2 in KI sol.

10. How ice is manufactured by using ammonia ? অ্যামোনিয়া ব্যবহার করিয়া কি প্রকারে বরফ উৎপন্ন করা হয় ?

11. Describe Haber's process for the manufacture of ammonia. অ্যামোনিয়ার পণ্যোৎপাদনে হেবার পদ্ধতি বর্ণনা কর।

12. How would you separate ammonia from a mixture of ammonia and Oxygen ? NH_3 ও O_2-এর মিশ্রণ হইতে NH_3 কি প্রকারে পৃথক করিবে ?

13. How can you convert nitrogen into ammonia and ammonia into nitrogen ? কিরূপে অ্যামোনিয়া হইতে নাইট্রোজেন এবং নাইট্রোজেন হইতে অ্যামোনিয়া পাইবে ?

পঞ্চম অধ্যায়

নাইট্রিক অ্যাসিড (Nitric Acid)

[**Course Content :** Sodium and Potassium Nitrates. Preparation of nitric acid (from nitrates and ammonia); reaction of nitric acid (a) as an acid (b) as an oxidising agent. Only an elementary treatment of the action of nitric acid on metals in general is required. Nitrates : action of heat on them.]

ফরমূলা—HNO_3, আ: ওজন—63, ঘনাঙ্ক (14°C)-1·52, স্ফুটনাঙ্ক-78·2°C, হিমাঙ্ক,—42°C.

২৮। **নাইট্রিক অ্যাসিডের ইতিহাস :** কিমিয়াবিদ্‌গণ (alchemist) তীব্র অ্যাসিড বলিয়া নাইট্রিক অ্যাসিডকে তীব্র জল বা Aqua Fortis বলিতেন, কারণ ইহাতে সোনা ও প্লাটিনাম ছাড়া অন্য সব ধাতুই দ্রবীভূত হয়। তাহারা সোরা (KNO_3), হিরাকস (ferrous sulphate) ও ফটকিরি একত্রে পাতিত করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করিতেন। গ্লাবার প্রথম নাইটার ও সালফিউরিক অ্যাসিডের ক্রিয়ায় নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করেন। গে লুসাক ইহার ফরমূলা স্থির করেন।

২৯। **নাইট্রিক অ্যাসিডের অবস্থান :** নাইট্রিক অ্যাসিডকে মুক্তভাবে বায়ুতে সামান্য পরিমাণে এবং যুক্তভাবে নাইটার (nitre সোরা) বা পটাসিয়াম নাইট্রেট (KNO_3) ও চিলি সল্টপিটার (Chilli Saltpetre) বা সোডিয়াম নাইট্রেটরূপে ($NaNO_3$) পাওয়া যায়। মাটিতে জৈব জিনিস পচিয়া নাইট্রেটের উৎপত্তি হয়। জমিতে নাইট্রেটের উৎপত্তির কথা বলা হইবে।

৩০। **নাইট্রিক অ্যাসিডের প্রস্তুতপ্রণালী : নীতি :** নাইট্রিক অ্যাসিড সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড অপেক্ষা তীব্রতর হইলেও অধিক উদ্বায়ী। সেইজন্য নাইটারের উপর কম উদ্বায়ী-অ্যাসিড, যথা সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড অল্প পরিমাণে ক্রিয়া করিলে নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। এই ক্রিয়া দুইটি স্তরে সম্পন্ন হয়, যথা—

(ক) $KNO_3 + H_2SO_4 = KHSO_4 + HNO_3$ (200-300°C)

(খ) $KHSO_4 + KNO_3 = K_2SO_4 + HNO_3$ (8000°C)

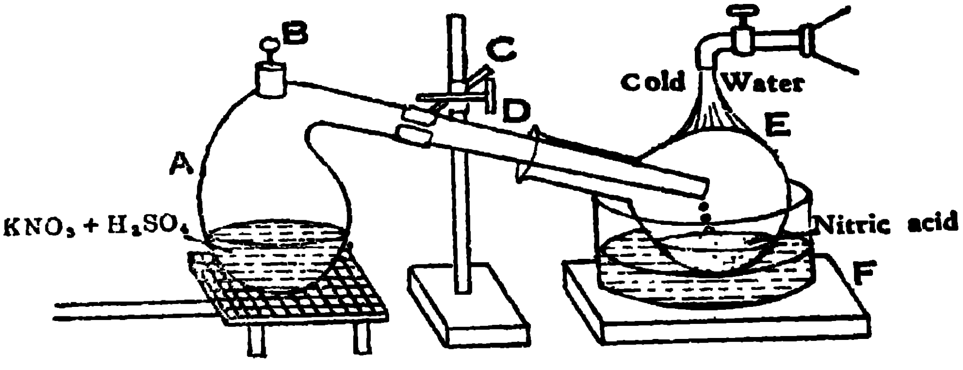
তিনটি কারণে উষ্ণতা না বাড়াইয়া ক্রিয়াকে প্রথম স্তরে সীমাবদ্ধ রাখা হয় :—(১) বেশী উষ্ণতায় অনেকটা নাইট্রিক অ্যাসিড বিশ্লিষ্ট হইয়া নষ্ট হয় এবং উৎপন্ন অ্যাসিডে NO_2 মিশ্রিত হয়।

$$4HNO_3 = 4NO_2 + 2H_2O + O_2.$$

(২) বেশী উষ্ণতায় কাচপাত্র ফাটিয়া যাইতে পারে কিংবা অন্য পাত্র অ্যাসিডের বাষ্প দ্বারা ক্ষয়িত হইতে পারে।

(৩) পটাসিয়াম সাল্‌ফেট K_2SO_4 কঠিন অবস্থায় থাকে বলিয়া ইহাকে পাত্র হইতে সহজে অপসারিত করা যায় না। পটাসিয়াম বাইসাল্‌ফেট $KSHO_4$ গলিত অবস্থায় পাত্রে থাকে বলিয়া ইহাকে সহজে অপসারিত করা যায়।

পদ্ধতি : সম পরিমাণ ওজনের পটাসিয়াম নাইট্রেটের গুড়া ও গাঢ় সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড A বকযন্ত্রে লও। বকযন্ত্রে B ছিপি লাগাও। C বন্ধনী দিয়া বকযন্ত্রকে রিটর্ট দণ্ডের সহিত আটকাও। বকযন্ত্রের লম্বা গলা (neck) Dকে E ফ্লাস্কের মধ্যে ঢোকাও। ফ্লাস্ককে F পাত্রের জলের উপর ভাসাও। ঠাণ্ডা জলধারা দিয়া ফ্লাস্ককে শীতল কর। বকযন্ত্রকে তার-জালির উপর রাখিয়া ধীরে ধীরে দীপ দ্বারা গরম কর। নাইট্রিক অ্যাসিড পাতিত হইয়া ফ্লাস্কে জমে।

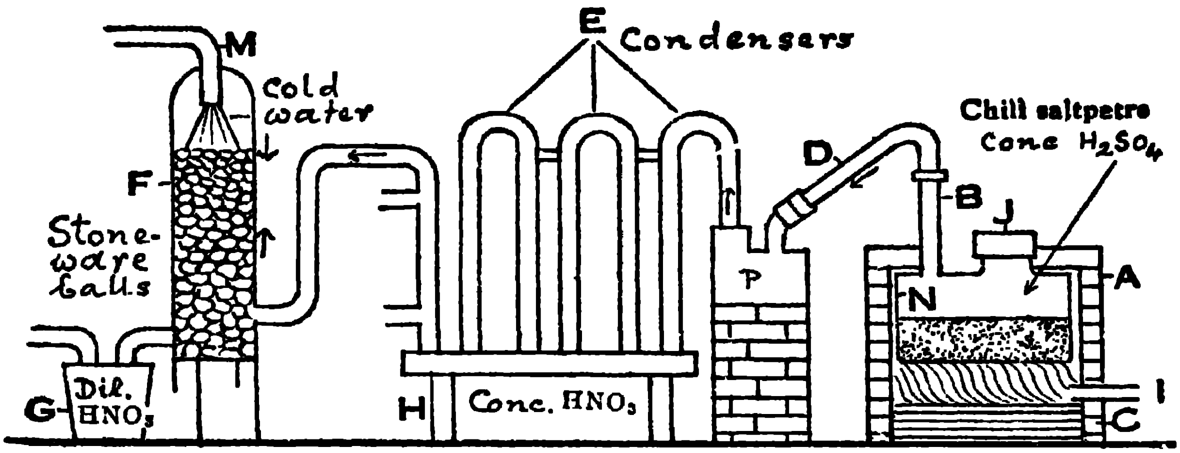


১৫ নং চিত্র—পটাসিয়াম নাইট্রেট হইতে নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপাদন।

বিশুদ্ধীকরণ : এইরূপে উৎপন্ন নাইট্রিক অ্যাসিডে জল ও নাইট্রোজেন অক্সাইড (NO_2) থাকে এবং ইহার বর্ণ বাদামী হয়। গাঢ় সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে মিশাইয়া পুনরায় কম চাপে ইহাকে পাতিত করিলে 98% HNO_3 পাওয়া যায়। এই অ্যাসিডকে 60°—80°C পর্যন্ত উষ্ণ করিয়া বায়ুর বুদ্‌বুদ্‌ অ্যাসিডের মধ্য দিয়া অতিক্রম করাইলে নাইট্রোজেন অক্সাইড

অপসারিত হয়। এই HNO_3কে—42°C উষ্ণতায় শীতল করিলে বর্ণহীন নাইট্রিক অ্যাসিডের কঠিন কেলাস পাওয়া যায়।

৩১। **নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্প উৎপাদন ঃ (ক) চিলি সল্‌ট পিটার ও গাঢ় সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড হইতে ঃ** (i) A ইটের গাঁথনির মধ্যে অগ্নিসহ মৃত্তিকালিপ্ত (lined with firecaly) চুল্লী প্রস্তুত করা হয়। ঢালাই লোহার N বকযন্ত্রে সম পরিমাণ প্রায় (40-50 মণ) চিলি সল্টপিটার-$NaNO_3$ ও গাঢ় সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড লইয়া কয়লার সাহায্যে C চুল্লীতে 200°—250°C পর্যন্ত উত্তপ্ত করা হয়। পণ্যোৎপাদনে দামী নাইটারের পরিবর্তে সস্তা চিলি সল্টপিটার ব্যবহার করা হয়। চুল্লী হইতে উষ্ণ গ্যাস বকযন্ত্রের চারিদিকে প্রবাহিত হইয়া ইহাকে সমভাবে উত্তপ্ত করে। ইহাতে নাইট্রিক অ্যাসিড তরল অবস্থায় থাকে না। বাষ্পীয় আকারে থাকে। এইরূপ করিবার কারণ নাইট্রিক অ্যাসিড তরল অবস্থায় লোহা আক্রমণ করে কিন্তু বাষ্পীয় অবস্থায় করে না। (ii) নাইট্রিক অ্যাসিডের বাষ্প B ও D নল দিয়া প্রথমে পাথরের P বোতলে যায়, তৎপরে E সিলিকার (silica) শীতক-নলে যায়। এই সকল নলে অ্যাসিড শীতল বায়ুপ্রবাহ দ্বারা ঘনীভূত হয়। ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড পাথরের H পাত্রে জমে। অবশিষ্ট গ্যাস ও বাষ্প পাথরের বলপূর্ণ (stoneware ball) F স্তম্ভের নীচে ঢুকিয়া উপরের দিকে উঠিতে থাকে, উপরেব M নল হইতে পতিত ঠাণ্ডা জলের দ্বারা অবশিষ্ট নাইট্রিক অ্যাসিডের বাষ্প দ্রবীভূত হয় এবং G পাত্রে পাতলা নাইট্রিক অ্যাসিড জমে। বকযন্ত্রে



১৬ নং চিত্র—চিলি সল্টপিটার ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড হইতে নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্প-উৎপাদন।

উত্তাপে নাইট্রিক অ্যাসিড বিয়োজিত হইয়া যেটুকু নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন হয় তাহাও এই জলে দ্রবীভূত হইয়া পুনরায় নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। সোডিয়াম বাইসালফেট তরল অবস্থায় বকযন্ত্রের নীচে জমে। বকযন্ত্রের নীচের একটি নল দিয়া সোডিয়াম বাইসালফেট অপসারিত হয়। আমাদের দেশে মাটির পাত্রে KNO_3 ও H_2SO_4এর মিশ্রণকে গরম করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্পকে পরপর মাটির পাত্রের মধ্য দিয়া অতিক্রম করাইয়া তরল নাইট্রিক অ্যাসিড সংগ্রহ করা হয়।

$$3NaNO_3 + 2H_2SO_4 = NaHSO_4 + Na_2SO_4 + 3HNO_3.$$

Valentiner পদ্ধতিতে বকযন্ত্রকে বায়ুনিরুদ্ধ করিয়া পাম্পের সাহায্যে ভিতরের বায়ু বাহির করিয়া অল্পচাপে ও নিম্ন উষ্ণতায় পাতন কার্য সম্পন্ন করা হয়। ইহাতে ক্রিয়া দ্রুত সম্পন্ন হয় এবং নাইট্রিক অ্যাসিডের বিয়োজন কম হয়।

(খ) অস্‌ট্ওয়াল্ড প্রণালী (Ostwald Process) : **অনুঘটক দ্বারা অ্যামোনিয়ার জারণ : নীতি :** অ্যামোনিয়া গ্যাস প্ল্যাটিনাম অনুঘটকের উপস্থিতিতে অক্সিজেন দ্বারা জারিত হইয়া প্রথমে নাইট্রিক অক্সাইড (NO) হয়, NO আরও অক্সিজেন দ্বারা জারিত হইয়া নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড (NO_2) হয় এবং NO_2 জলের সঙ্গে যুক্ত হইয়া নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

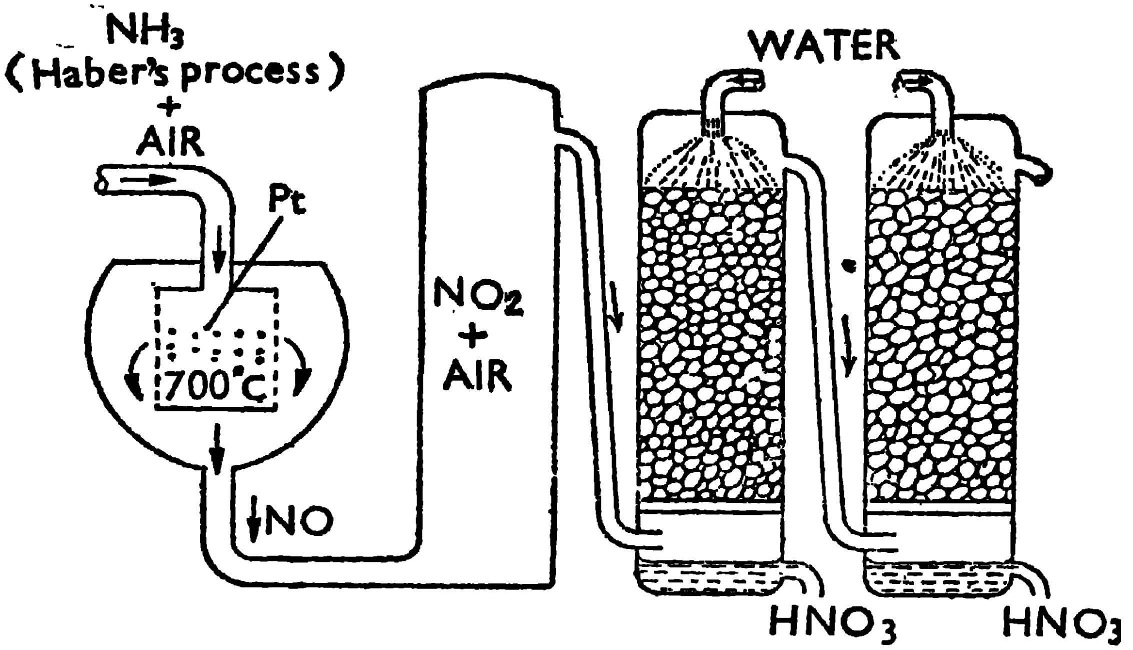
(i) $4NH_3 + 5O_2 = 4NO + 6H_2O.$

(ii) $2NO + O_2 = 2NO_2$

(iii) $3NO_2 + H_2O = 2HNO_3 + NO.$

পদ্ধতি : (হেবার পদ্ধতিতে উৎপন্ন) বিশুদ্ধ অ্যামোনিয়া গ্যাসের সহিত 1 : 7·5 অনুপাতে ধূলি প্রভৃতি মুক্ত বায়ু মিশ্রিত করানো হয়। এই মিশ্রণকে একটি অ্যালুমিনিয়াম বাক্সে (converter) প্ল্যাটিনাম জালির উপর দিয়া **অতি দ্রুত** অতিক্রম করানো হয়। মিশ্রণকে ধীরে ধীরে অতিক্রম করাইলে N_2 উৎপন্ন হয়। প্রথমে তড়িতের সাহায্যে জালির উষ্ণতা 600°-700°C রাখা হয়। পরে রাসায়নিক ক্রিয়ায় যে তাপ উৎপন্ন হয় তাহাই প্ল্যাটিনামকে উত্তপ্ত অবস্থায় রাখে। এই উপায়ে 90% অ্যামোনিয়া বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয়। উৎপন্ন নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাসকে শীতল করিয়া আরো বায়ুর সঙ্গে অপর একটি জারণকক্ষে (oxidation chamber) মিশানো হয়। NO গ্যাস

জারিত হইয়া NO_2তে পরিণত হয়। NO_2 গ্যাস ভাঙা কোয়ার্টজ (quartz) পূর্ণ কতকগুলি স্তম্ভের (tower) মধ্য দিয়া উপর দিকে চলিতে থাকাকালে



১৭ নং চিত্র—অ্যামোনিয়া ও বায়ু হইতে নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্প-উৎপাদন।

নিম্নগামী জল দ্বারা শোষিত হইয়া নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। জল মিশ্রিত থাকে বলিয়া এই অ্যাসিড পাতলা (50%) হয় এবং 90% অ্যামোনিয়া জারিত হয়। এই প্রণালী সহজ ও সুলভ বলিয়া সর্বত্র প্রচলিত।

(গ) **বার্কল্যাণ্ড ও আইড্** (Birkeland and Eyde) **প্রণালী:** এই পদ্ধতিতে বায়ুর পরিশোধিত নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের মিশ্রণকে প্রায় 3000°C উষ্ণতায় নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত করা হয়।

$$N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2NO - 43{,}200 \text{ ক্যালরি তাপ।}$$

একটি বৈদ্যুতিক চুল্লীতে কপার-নলের তড়িৎদ্বারের মধ্য দিয়া বিদ্যুৎ প্রবাহিত করাইয়া বৈদ্যুতিক শিখা (arc) উৎপন্ন করা হয়। শক্তিশালী চুম্বক দ্বারা শিখার আকৃতি বাড়ানো হয়। ক্রিয়াটি দ্বিমুখী বলিয়া অধিকাংশ NO উৎপাদনের পরেই বিয়োজিত হইবার সম্ভাবনা থাকে; সেইজন্য NO উৎপন্ন হওয়া মাত্রই ইহার উষ্ণতা 500°Cতে কমানো হয়। ইহা অতিরিক্ত অক্সিজেন দ্বারা জারিত হইয়া নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডে পরিণত হয়। ইহা শোষণ-স্তম্ভের জলাধারে দ্রবীভূত হইয়া নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। প্রচুর তড়িৎশক্তি প্রয়োজন বলিয়া এই পদ্ধতির বিশেষ প্রচলন নাই।

৩২। **নাইট্রিক অ্যাসিডের বিশুদ্ধীকরণ :** বাজারের (commercial) নাইট্রিক অ্যাসিড বাদামী রঙের হয় এবং ইহাতে ক্লোরিন, সাল্ফিউরিক অ্যাসিড, আয়রন, সোডিয়াম সাল্ফেট, জল প্রভৃতি দ্রব্য মিশ্রিত থাকে। বাজারের নাইট্রিক অ্যাসিডকে গাঢ় H_2SO_4এর সঙ্গে কাচের বকযন্ত্রে আংশিক পাতিত করিলে প্রথম $\frac{1}{3}$ অংশে ক্লোরিন, নাইট্রোজেন অক্সাইড প্রভৃতি গ্রাহকে জমে। ইহা ফেলিয়া দিয়া দ্বিতীয় $\frac{1}{3}$ অংশ গ্রহণ করা হয়। এই অংশ সিলভার নাইট্রেটের সঙ্গে কোন অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে না। দ্বিতীয় অংশে শুষ্ক বায়ু কিংবা কারবন ডাই-অক্সাইড প্রবাহিত করিলে নাইট্রিক অ্যাসিড বর্ণহীন ও 99·8% গাঢ় হয়। বকযন্ত্রে যে তৃতীয় অংশ থাকে তাহা পরিত্যক্ত হয়।

গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড একটু শ্বেতসার (starch) বা আর্সেনিয়াস অক্সাইড (As_2O_3) দিয়া পাতিত করিলে **ধূমায়মান** (fuming) নাইট্রিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। ইহাতে অনেকখানি N_2O_4 ও N_2O_3 দ্রবীভূত থাকে। ইহার বর্ণ বাদামি। ইহা গাঢ় HNO_3 অপেক্ষা অধিক শক্তিশালী জারক পদার্থ। ইহা পরীক্ষাগারে ব্যবহৃত হয়।

৩৩। **নাইট্রিক অ্যাসিডের ধর্ম : ভৌত ধর্ম :** বিশুদ্ধ নাইট্রিক অ্যাসিড বর্ণহীন, ধূমায়মান ও জলাকর্ষী তরল। নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে নাইট্রোজেনের বিভিন্ন অক্সাইড মিশ্রিত থাকে বলিয়া ইহার বর্ণ বাদামি হয়। অশুদ্ধ HNO_3-এব মধ্য দিয়া বায়ু প্রবাহিত করিলে অক্সাইডগুলি অপসারিত হয় তখন ইহাকে বর্ণহীন দেখায়। ইহা স্বাভাবিক তাপেও উদ্বায়ী। ইহার গন্ধ তীব্র ও শ্বাসরোধী। 68% নাইট্রিক অ্যাসিড 120·5° সেণ্টিগ্রেড উষ্ণতায় অবিকৃত অবস্থায় ফোটে। ইহা জলে সর্বতোভাবে দ্রাব্য।

রাসায়নিক ধর্ম : (i) নাইট্রিক অ্যাসিড একটি তীব্র এক ক্ষারীয় অ্যাসিড অর্থাৎ ইহাতে একটি প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু আছে। ইহা দ্রবণে খুব আয়নিত হয়; $HNO_3 \rightleftharpoons H^+ + NO_3^-$। ইহা নীল লিটমাসের কাগজকে লাল করে। ইহা ক্ষারকে ও ক্ষারককে প্রশমিত করিয়া লবণ ও জল উৎপন্ন করে।

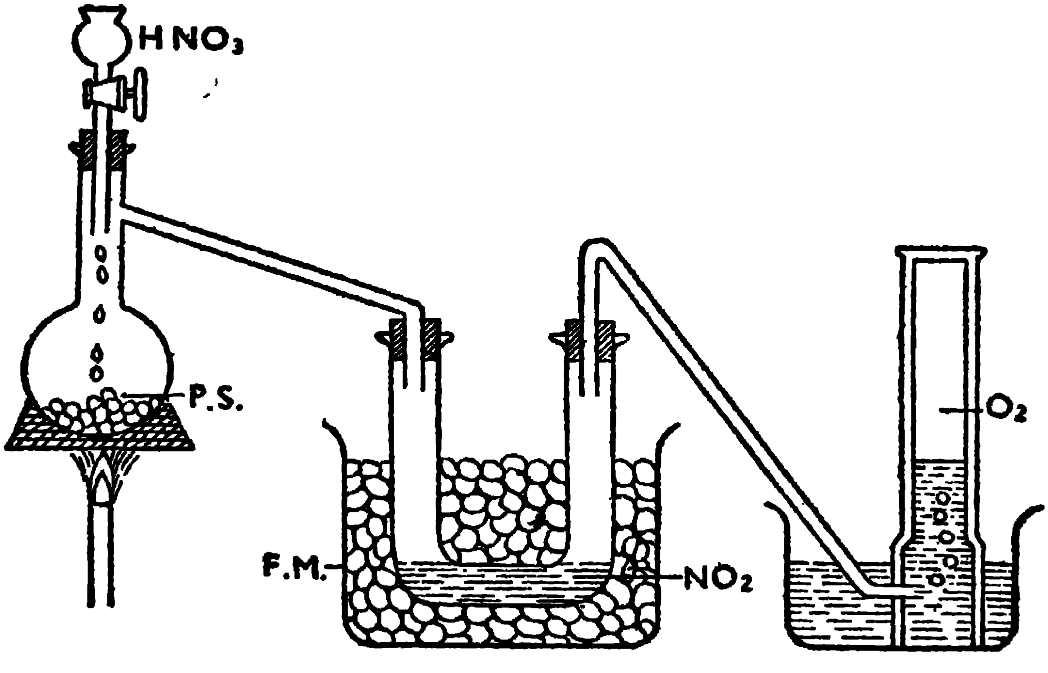
$$NaOH + HNO_3 = NaNO_3 + H_2O.$$

পরীক্ষা : (i) একটি পরীক্ষানলে পাতলা HNO_3 লইয়া ইহার মধ্যে Mg পাউডার ফেলিয়া দাও। H_2 গ্যাসের বুদ্‌বুদ উঠে। অ্যাসিডের

হাইড্রোজেন ম্যাগনেসিয়াম দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়; $Mg+2HNO_3=Mg(NO_3)_2+H_2$। ম্যাঙ্গানিজ ধাতুর দ্বারাও হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হয়।

(ii) বেসিনে NaOH দ্রবণ লইয়া উহাতে নীল লিটমাস মিশাও। বিউরেট হইতে ফোঁটা ফোঁটা পাতলা HNO_3 বেসিনের দ্রবণে ফেল। প্রশমন-ক্ষণে দ্রবণের বর্ণ বেগুনী হয়। একটু অ্যাসিড হইলে ইহা লাল হয়। HNO_3 দ্বারা NaOH প্রমশিত হইয়া লবণ ও জল উৎপন্ন হয়।

(iii) **জৈব পদার্থের উপর ক্রিয়া**ঃ নাইট্রিক অ্যাসিড অত্যন্ত ক্ষারী (corrosive) পদার্থ। ইহা গায়ের চামড়ায় লাগিলে চামড়া জ্বলিয়া যায় এবং চামড়ার রং হলদে হয়। পাতলা অ্যাসিডও পালক, পশুচর্ম, রেশম ও উদ্ভিদ তন্তুকে হলদে রং করে। গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ তুলার সঙ্গে ক্রিয়া করিলে **গান কটন** (gun cotton) বা নাইট্রোসেলুলোজ প্রস্তুত হয়। গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড শীতল গ্লিসারিনের সঙ্গে ক্রিয়া করিলে **নাইট্রোগ্লিসারিন** (Nitroglycerine) প্রস্তুত হয়। ইহা প্রবল বিস্ফোরক পদার্থ। ইহা হইতে **ডিনামাইট** নামক প্রচণ্ড বিস্ফোরক পদার্থ প্রস্তুত হয়।



১৮ নং চিত্র—নাইট্রিক অ্যাসিড ভাপে বিশ্লিষ্ট হইয়া NO_2, জল ও O_2 উৎপন্ন করে।

(iv) তাপে নাইট্রিক অ্যাসিড বিশ্লিষ্ট হইয়া অক্সিজেন, জল ও নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন করে; $4HNO_3=2H_2O+4NO_2+O_2$.

পরীক্ষা ঃ সিলিকা-ফ্লাস্কে উত্তপ্ত পিউমিস পাথরের (P. S) উপর ফোঁটা ফোঁটা নাইট্রিক অ্যাসিড ফেল। উৎপন্ন উত্তপ্ত গ্যাসগুলিকে হিমমিশ্র আবৃত U-নলের মধ্য দিয়া অতিক্রম করাও। জল ও NO_2 U-নলে জমে। অক্সিজেনকে জলপূর্ণ গ্যাস-জারে সংগ্রহ কর। এই জারে অর্ধ-জলন্ত কাঠি দিলে ইহা উজ্জ্বলভাবে জ্বলিয়া উঠে।

(iv) নাইট্রিক অ্যাসিড **তীব্র জারক ঃ** (ক) ইহা সহজেই বিশ্লিষ্ট হইয়া নাইট্রোজেন অক্সাইড ও অক্সিজেন (O_2) উৎপন্ন করে। এই অক্সিজেন জারণের কাজ করে। গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডে উত্তপ্ত করাতের গুঁড়া ফেলিলে জ্বলিয়া উঠে এবং জ্বলন্ত কয়লা (carbon) উজ্জ্বলভাবে জ্বলে। ধূমায়মান HNO_3তে তারপিন তৈল ফেলিলে দপ্‌ করিয়া জ্বলিয়া উঠে। এই সকল ক্রিয়ায় কারবন পরমাণুর সঙ্গে অক্সিজেন যুক্ত হয়: $C+4HNO_3=CO_2+4NO_2+2H_2O$.

পরীক্ষা ঃ (i) একটি বড় পাত্রে গাঢ় HNO_3 লও। একটি ক্ষুদ্র কয়লা খণ্ড (বড় কয়লা লইবে না) চিমটা দিয়া ধরিয়া বুনসেন দীপে জ্বালাইয়া পাত্রে ফেলিয়া দিলে দপ্‌ করিয়া জ্বলিয়া উঠে, (ii) অ্যাস্‌বেসটস বোর্ডের উপর তুঁষ বা কাঠের গুড়াকে রাখিয়া বুনসেন দীপে খুব উত্তপ্ত কর। ইহার উপর পিপেট হইতে ফোঁটা ফোঁটা গাঢ় HNO_3 ফেল। তুঁষ বা গুড়া স্ফুলিঙ্গ সহকারে জ্বলিয়া উঠে। (iii) বেসিনে ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিডে ফোঁটা ফোঁটা তারপিন তৈল ফেল। ফোঁটা দপ্‌ দপ্‌ করিয়া জ্বলিয়া উঠে।

(খ) গরম গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড সালফার, আয়োডিন ও ফস্‌ফরাসকে যথাক্রমে সালফিউরিক, আয়োডিক, ফসফরিক অ্যাসিডে পরিণত করে এবং সঙ্গে সঙ্গে নাইট্রিক অক্সাইড, নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড অথবা উভয় অক্সাইড উৎপন্ন হয়। এই প্রক্রিয়ায় সালফারের সঙ্গে, আয়োডিনের সঙ্গে ও ফসফরাসের সঙ্গে অক্সিজেন যুক্ত হয়।

$S+2HNO_3=H_2SO_4+2NO$; $I_2+10HNO_3=2HIO_3+5N_2O_4+4H_2O$; $4P+10HNO_3+H_2O=4H_3PO_4+5NO+5NO_2$ ।

(গ) গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ফেরাস লবণকে ফেরিক লবণে পরিণত করে ;

$$6FeSO_4+3H_2SO_4+2HNO_3=3Fe_2(SO_4)_3+2NO+4H_2O.$$

ইহা সাল্ফার ডাই-অক্সাইডকে জারিত করিয়া H_2SO_4 গঠন করে।

$$SO_2+2HNO_3=H_2SO_4+2NO_2.$$

(ঘ) ইহা পটাসিয়াম আয়োডাইড হইতে আয়োডিনকে, হাইড্রোজেন সালফাইড হইতে সালফারকে, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হইতে জায়মান ক্লোরিনকে মুক্ত করে। এই সকল প্রক্রিয়ায় KI, H_2S, HCl হইতে ধনাত্মক পটাসিয়াম বা হাইড্রোজেন অপসারিত হয়।

$$6KI+8HNO_3=3I_2+6KNO_3+2NO+4H_2O.$$

$$3H_2S+2HNO_3=3S+4H_2O+2NO.$$

$$3HCl+HNO_3=NOCl+2H_2O+2Cl.$$

(v) **ধাতুর উপর ক্রিয়া :** (ক) **সাধারণ বিবরণ :** নাইট্রিক অ্যাসিড প্রায় সর্বভুক। ইহা সোনা, প্লাটিনাম, রোডিয়াম প্রভৃতি কয়েকটি ধাতু ব্যতীত সকল ধাতুর উপর বিভিন্ন অবস্থায় ক্রিয়া করে। সেইজন্য ইহাকে Aqua Fortis (তীব্র জল) বলে। নাইট্রিক অ্যাসিড অ্যাসিডের কাজ করে এবং সঙ্গে সঙ্গে ইহা জারকের কাজও করে। অ্যাসিড ধর্মের জন্য প্রথমে **নাইট্রেট** ও **জায়মান হাইড্রোজেন** উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন H_2 অ্যাসিডের জারক ধর্মের জন্য জারিত হইয়া **জল** হয় এবং অ্যাসিড নিজে হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত হইয়া ধাতু বিশেষে **নাইট্রোজেনের বিভিন্ন অক্সাইড, অ্যামোনিয়া বা নাইট্রোজেনে** পরিণত হয়। কেবল শীতল ও 1 বা 2% নাইট্রিক অ্যাসিড ম্যাঙ্গানীজ বা ম্যাগ্নেসিয়ামের উপর ক্রিয়া করিলে হাইড্রোজেন ও অ্যামোনিয়া উদ্ভূত হয় এবং টিন ও অ্যান্টিমনি ধাতু অক্সাইডে পরিণত হয়। ঘন অ্যাসিড লোহা ও ক্রোমিয়াম ধাতুর উপর ক্রিয়া করে না।

ধাতুর উপর নাইট্রিক অ্যাসিডের ক্রিয়া (i) ধাতুর তড়িৎ-রাসায়নিক (eletro-chemical) প্রকৃতি, (ii) অ্যাসিডের তীব্রতা, (iii) অ্যাসিডের উষ্ণতা এবং (iv) অ্যাসিডের ক্রিয়ায় উৎপন্ন বস্তুর উপর নির্ভর করে। সাধারণতঃ তীব্র অ্যাসিড নাইট্রোজেন পার্-অক্সাইড ও পাতলা অ্যাসিড নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন করে।

অবস্থার তারতম্য অনুসারে জায়মান হাইড্রোজেন অ্যাসিড দ্বারা জারিত হয় এবং বিভিন্ন রকমের পদার্থ পাওয়া যায় :

$$
\begin{aligned}
2HNO_3 + 2H &= 2NO_2 + 2H_2O. \\
2HNO_3 + 4H &= N_2O_3 + 3H_2O. \\
2HNO_3 + 6H &= 2NO + 4H_2O. \\
2HNO_3 + 8H &= N_2O + 5H_2O. \\
2HNO_3 + 10H &= N_2 + 6H_2O. \\
2HNO_3 + 16H &= 2NH_3 + 6H_2O.
\end{aligned}
$$

এই তত্ত্বকে **জায়মান হাইড্রোজেন** বাদ বলে। এই তত্ত্ব অনুসারে লৌহের পাতলা অ্যাসিডের ক্রিয়া এইরূপ হয় :

$$
\begin{array}{l}
4Fe + 8HNO_3 = 4Fe(NO_3)_2 + 8H. \\
HNO_3 + 8H = 3H_2O + NH_3. \\
NH_3 + HNO_3 = NH_4NO_3. \\
\hline
4Fe + 10HNO_3 = 4Fe(NO_3)_2 + NH_4NO_3 + 3H_2O.
\end{array}
$$

এই তত্ত্ব ব্যতীত আরও একটি তত্ত্ব প্রচলিত আছে যথা :

(i) **অক্সাইড তত্ত্ব** (Oxide theory) : এই তত্ত্ব অনুসারে অ্যাসিড প্রথমে ধাতুকে অক্সাইডে পরিণত করে। এই অক্সাইড অতিরিক্ত অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া নাইট্রেট ও জল গঠন করে। নাইট্রিক অ্যাসিড নিজে বিজারিত হয়।

কপারের উপর শীতল ও গাঢ় HNO_3-এর ক্রিয়া এই তত্ত্ব অনুসারে এইরূপ :

$$
\begin{array}{l}
2HNO_3 = N_2O_4 + H_2O + O. \\
Cu + O = CuO. \\
CuO + 2HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + H_2O. \\
\hline
Cu + 4HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2H_2O + N_2O_4
\end{array}
$$

কতকগুলি ধাতুর উপর নাইট্রিক অ্যাসিডের ক্রিয়া :

(ক) **লৌহের উপর ক্রিয়া :** গাঢ় ও উষ্ণ নাইট্রিক অ্যাসিড লৌহের সহিত ক্রিয়ায় ফেরিক নাইট্রেট ও নাইট্রোজেন পারক্সাইড উৎপন্ন করে।

$$Fe + 6HNO_3 = Fe(NO_3)_3 + 3H_2O + 3NO_2.$$

শীতল ও পাতলা HNO_3 ফেরাস নাইট্রেট ও NH_4NO_3 উৎপন্ন করে।

$$4Fe + 10HNO_3 = 4Fe(NO_3)_2 + 3H_2O + NH_4NO_3.$$

অধিক গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড (আ: গু: 1·5) বিশুদ্ধ লৌহকে **নিষ্ক্রিয়** (Passive) করে। এইরূপ লৌহের রাসায়নিক ধর্ম সাময়িকভাবে লোপ পায়। ইহার কারণ অধিক গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড প্রথম ক্রিয়াতে লৌহের উপর আয়রন অক্সাইডের স্তর গঠন করে। ইহার ফলে অ্যাসিড লৌহের সংস্পর্শে আসিতে পারে না।

(খ) **কপারের উপর ক্রিয়া:** শীতল ও গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড কপারের সহিত নাইট্রোজেন পারক্সাইড (NO_2) উৎপন্ন করে।

$$Cu+4HNO_3=Cu(NO_3)_2+2H_2O+2NO_2.$$

শীতল মধ্যম তীব্রতার (1 : 1) HNO_3 কপারের সহিত নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন করে।

$$3Cu+8HNO_3=3Cu(NO_3)_2+4H_2O+2NO.$$

নাইট্রিক অ্যাসিডের বাষ্প অত্যুষ্ণ কপারের উপর দিয়া অতিক্রম করাইলে নাইট্রোজেন ও কিউপ্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$5Cu+2HNO_3=5CuO+H_2O+N_2.$$

এই প্রক্রিয়ায় HNO_3তে নাইট্রোজেনের অস্তিত্ব প্রমাণিত হয়।

(গ) **জিঙ্কের উপর ক্রিয়া:** শীতল ও বিশেষ গাঢ়তার নাইট্রিক অ্যাসিড জিঙ্কের সহিত জিঙ্ক নাইট্রেট ও নাইট্রাস অক্সাইড উৎপন্ন করে।

$$4Zn+10HNO_3=4Zn(NO_3)_2+5H_2O+N_2O.$$

শীতল ও মধ্যম তীব্রতার নাইট্রিক অ্যাসিড নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন করে।

$$3Zn+8HNO_3=3Zn(NO_3)_2+4H_2O+2NO.$$

শীতল ও পাতলা নাইট্রিক অ্যাসিডে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয় এবং এই অ্যামোনিয়া অতিরিক্ত নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে ক্রিয়া করিয়া অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট উৎপন্ন করে।

$$4Zn+9HNO_3=4Zn(NO_3)_2+3H_2O+NH_3.$$

$$NH_3+HNO_3=NH_4NO_3.$$

$$4Zn+10HNO_3=4Zn(NO_3)_2+NH_4NO_3+3H_2O.$$

গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড নাইট্রোজেন পারকসাইড উৎপন্ন করে।

$$Zn+4HNO_3=Zn(NO_3)_2+2NO_2+2H_2O.$$

(ঘ) **টিনের উপর ক্রিয়া :** শুষ্ক গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড টিনের সহিত ক্রিয়াহীন। গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড আর্দ্র টিনের সহিত ডুস্থিত স্ট্যানিক নাইট্রেট গঠন করে। উহা তৎক্ষণাৎ অক্সাইডে পরিণত হয়।

$$Sn + 8HNO_3 = Sn(NO_3)_4 + 4NO_2 + O_2.$$

$$Sn(NO_3)_4 = SnO_2 + 4NO_2 + O_2.$$

শীতল ও পাতলা নাইট্রিক অ্যাসিড ও টিনের ক্রিয়ায় স্ট্যানাস নাইট্রেট ও অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট উৎপন্ন হয়।

$$4Sn + 10HNO_3 = 4Sn(NO_3)_2 + 3H_2O + NH_4NO_3.$$

(ঙ) **মারকারির উপর ক্রিয়া :** শীতল ও পাতলা নাইট্রিক অ্যাসিড অতিরিক্ত পারদের সহিত মারকিউরাস নাইট্রেট ও নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন করে।

$$6Hg + 8HNO_3 = 3Hg_2(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O.$$

অ্যাসিডের পরিমাণ ও গাঢ়ত্ব অধিক হইলে মারকিউরিক নাইট্রেট গঠিত হয়।

$$3Hg + 8HNO_3 = 3Hg(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O.$$

(চ) **ম্যাগনেসিয়ামের উপরে ক্রিয়া :** পাতলা ও শীতল নাইট্রিক অ্যাসিড হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। ইহাই হইল অ্যাসিডের প্রকৃত লক্ষণ।

$$Mg + 2HNO_3 = Mg(NO_3)_2 + H_2.$$

গাঢ় অ্যাসিড ম্যাগনেসিয়ামের সঙ্গে নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন করে।

$$3Mg + 8HNO_3 = 3Mg(NO_3)_2 + 4H_2O + 2NO.$$

(ছ) **সংকর ধাতুর উপর ক্রিয়া :** পিতল কপার ও জিঙ্কের সংকর ধাতু (alloy)। সুতরাং পিতল নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয় এবং কপার নাইট্রেট ও জিঙ্ক নাইট্রেট গঠিত হয়। রৌপ্য মুদ্রাতে সিল্ভার ও কপার বা জিঙ্ক থাকে। রৌপ্য মুদ্রা শীতল নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয় এবং রূপার, কপারের ও জিঙ্কের নাইট্রেট উৎপন্ন হয়। স্বর্ণমুদ্রাতে সোনা, কপার বা রূপা থাকে। নাইট্রিক অ্যাসিডে স্বর্ণমুদ্রার কেবল কপার ও রূপা দ্রবীভূত হয়, যখন সোনার পরিমাণ কমাইয়া শতকরা ৩৩ ভাগ করা হয়। সোনা নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয় না। স্যাকরা পানযুক্ত সোনার গহনা নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া বিশুদ্ধ সোনা প্রাপ্ত হয়।

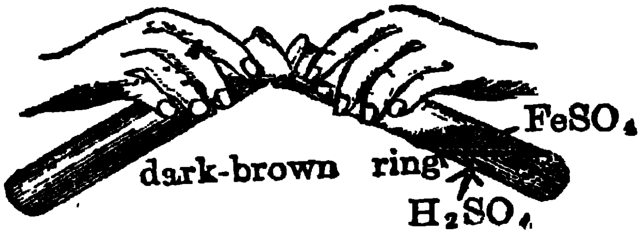
৩৪। **অম্লরাজ** (Aqua Regia) : গাঢ় নাইট্রিক ও গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের (1 : 3 আয়তনের অনুপাতে) মিশ্রণে সোনা বা প্লাটিনাম দ্রবীভূত হয়। সোনা হইল ধাতুরাজ। সেইজন্য এই দ্রবণকে **অম্লরাজ** বলে। এই দুই অ্যাসিডের ক্রিয়ায় জায়মান ক্লোরিন মুক্ত হয়। সোনা বা প্লাটিনাম এই জায়মান ক্লোরিনে দ্রবীভূত হয়।

$$3HCl + HNO_3 = NOCl + 2Cl + 2H_2O.$$

$$2Au + 6Cl + 2HCl = 2HAuCl_4, \text{ (Chloroauric acid)}$$

৩৫। নাইট্রিক অ্যাসিডের অভীক্ষণ :

পরীক্ষা : বলয় পরীক্ষা (Ring Test) : একটি পরীক্ষানলে 2-3 ঘঃ সেঃ মিঃ পাতলা নাইট্রিক অ্যাসিড বা কোন নাইট্রেটের (মনে কর, নাইটার KNO_3) পাতলা দ্রবণ লও। ইহাতে সমপরিমাণ গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ কর। দ্রবণ উষ্ণ হয়। দ্রবণকে শীতল কর। ফেরাস সাল্‌ফেটের সদ্যপ্রস্তুত দ্রবণ পরীক্ষা-নলের গা বাহিয়া ধীরে ধীরে ঢাল। দুই দ্রবণের স্পর্শতলে $FeSO_4,NO$-এর বাদামী বর্ণের বলয় গঠিত হয়। প্রথমে পটাসিয়াম নাইট্রেট সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা বিশ্লিষ্ট হইয়া নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। নাইট্রিক অ্যাসিড ফেরাস সাল্‌ফেটকে জারিত করে এবং নিজে বিজারিত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন করে। এই নাইট্রিক অক্সাইড অতিরিক্ত ফেরাস সাল্‌ফেটের সহিত যুক্ত হইয়া $FeSO_4,NO$ দুঃস্থিত যৌগ উৎপন্ন করে। ইহার বর্ণ বাদামী।



১৯ নং চিত্র—নাইট্রিক অ্যাসিডের বলয়-পরীক্ষা

$$6FeSO_4 + 2HNO_3 + 3H_2SO_4 = 3Fe_2(SO_4)_3 + 4H_2O + 2NO.$$

$$FeSO_4 + NO = FeSO_4,NO \text{ (বাদামী)}$$

(খ) ক্রসিন পরীক্ষা : একটি বেসিনে কয়েক ফোঁটা নাইট্রেট দ্রবণ ও গাঢ় সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড লইয়া এক টুকরা ক্রসিন দাও। দ্রবণ উজ্জ্বল লাল বর্ণ ধারণ করে।

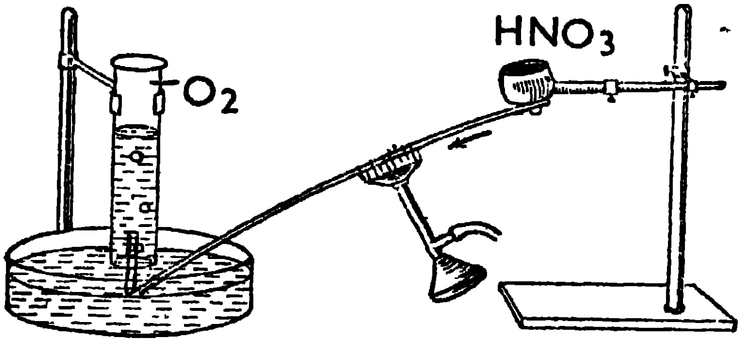
(গ) পরীক্ষা : একটি পরীক্ষা-নলে কপার-ছিলা লইয়া উহাতে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড কিংবা কোন নাইট্রেট ও গাঢ় সালফিউরিক

অ্যাসিড যোগ করিলে নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডের লাল ধোঁয়া উত্থিত হয়।

৩৬। **নাইট্রিক অ্যাসিডের ব্যবহার :** নাইট্রিক অ্যাসিড পরীক্ষাগারে বিকারক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। ইহা ধাতুকে দ্রবীভূত করিতে, পিতল ও কাঁসার দ্রব্যের উপর নাম খোদাই করিতে ব্যবহৃত হয়। নাইট্রেট প্রস্তুতে, বিস্ফোরক (যথা নাইট্রোগ্লিসারিন, টি-এন্-টি, পিক্রিক অ্যাসিড) প্রস্তুতে, সেলুলয়েড, কৃত্রিম রেশম, কৃত্রিম রং ও সাল্ফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতে এবং তড়িৎ ব্যাটারিতে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়।

৩৭। **নাইট্রিক অ্যাসিডে নাইট্রোজেন, অক্সিজেন ও হাইড্রোজেন আছে :** **(ক) নাইট্রোজেন:** নাইট্রিক অ্যাসিডের বাষ্পকে উত্তপ্ত নলে কপারের উপর অতিক্রম করাইলে একটি গ্যাস মুক্ত হয়। ইহা উত্তপ্ত ম্যাগ্নেসিয়াম দ্বারা শোষিত হয়। সুতরাং ইহা **নাইট্রোজেন**।

(খ) অক্সিজেন : নীচের চিত্রের মত একটি আনত (inclined) দীর্ঘ পোর্সলেন নলের এক প্রান্তের বাটিতে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ঢাল এবং নলকে উত্তপ্ত কর। নাইট্রিক অ্যাসিড তাপে বিশ্লিষ্ট হয় এবং অক্সিজেন, নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড ও জল উৎপন্ন হয়। নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড জলে দ্রবীভূত হয় এবং অক্সিজেন গ্যাস জারে জমে। এই গ্যাসে অর্ধদগ্ধ শলাকা ঢুকাইলে উহা উজ্জ্বলভাবে জ্বলিয়া উঠে। এই গ্যাস নাইট্রিক অক্সাইডের সঙ্গে পিঙ্গলবর্ণ ধোঁয়া উৎপন্ন করে। সুতরাং ইহা **অক্সিজেন**।



২০ নং চিত্র—নাইট্রিক অ্যাসিডকে উত্তপ্ত করিলে অক্সিজেন পাওয়া যায়

(গ) হাইড্রোজেন : (i) গাঢ় 100% নাইট্রিক অ্যাসিডকে তীব্রভাবে উত্তপ্ত নলে ফোঁটা ফোঁটা ফেলিয়া উৎপন্ন গ্যাসগুলিকে বরফ ও লবণের

হিমমিশ্রে স্থাপিত U-নলের ভিতর দিয়া অতিক্রম করাও। U-নলে যে তরল জমে পরীক্ষা দ্বারা জানা যায় ইহাতে জল আছে। জলে হাইড্রোজেন আছে। সুতরাং নাইট্রিক অ্যাসিডে হাইড্রোজেন আছে তাহা প্রমাণ হইতেছে।

(ii) নাইট্রিক অ্যাসিডে ম্যাগনেসিয়াম ধাতু দিলে একটি গ্যাস উৎপন্ন হয়। ইহা অগ্নিসংযোগে জলিয়া উঠে। ইহা **হাইড্রোজেন**।

৩৮। **নাইট্রেট : (ক) সংজ্ঞা :** নাইট্রিক অ্যাসিডের লবণকে নাইট্রেট বলে। নাইট্রিক অ্যাসিডের হাইড্রোজেন মৌল ধাতু বা অ্যামোনিয়াম মূলক (NH_4) দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়া ইহা গঠিত হয়।

$$HNO_3 - KNO_3,\ NaNO_3,\ NH_4NO_3,\ AgNO_3 \cdots (i)$$

$$\begin{matrix}HNO_3\\HNO_3\end{matrix}\ \ Pb(NO_3)_2,\ Cu(NO_3)_2,\ Ca(NO_3)_2,\ Ba(NO_3)_2 \cdots (ii)$$

(i) নং দৃষ্টান্তে লবণের ধাতু একযোজী, (ii) নং দৃষ্টান্তে লবণের ধাতু দ্বিযোজী।

(খ) প্রস্তুত-প্রণালী : নাইট্রেটগুলি ধাতু, অক্সাইড, বা ধাতব কারবনেটের উপর নাইট্রিক অ্যাসিডের ক্রিয়ায় উৎপন্ন হয়।

$$Mg + 2HNO_3 = Mg(NO_3)_2 + H_2.$$

$$CaO + 2HNO_3 = Ca(NO_3)_2 + H_2O.$$

$$KOH + HNO_3 = KNO_3 + H_2O.$$

পরীক্ষা : (i) একটি বেসিনে পাতলা নাইট্রিক অ্যাসিড লও। ইহাতে কয়েক টুকরা সীসা বা লেড্ ফেলিয়া দাও। বেসিনকে জলগাহে গরম কর যতক্ষণ পাত্রের দ্রব্য শুষ্ক না হয়। সাদা লেড্ নাইট্রেট লবণ পাত্রে পড়িয়া থাকে।

(গ) **ধর্ম :** (i) সকল নাইট্রেটই জলে দ্রাব্য।

(ii) **নাইট্রেটের উপর তাপের ক্রিয়া** (Action of heat on nitrates) : সকল নাইট্রেট তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে বিশ্লিষ্ট হয়। (ক) লেড্, কপার, মারকারি, জিঙ্ক প্রভৃতি ভারী ধাতুর নাইট্রেট তাপে বিশ্লিষ্ট হইয়া নাইট্রোজেনের অক্সাইড (সাধারণত: NO_2), অক্সিজেন ও ধাতুর অক্সাইডে পরিণত হয়।

$$2Pb(NO_3)_2 = 2PbO + 4NO_2 + O_2.$$

$$2Cu(NO_3)_2 = 2CuO + 4NO_2 + O_2$$

পরীক্ষা ঃ উপরোক্ত (i) নং পরীক্ষায় উৎপন্ন লেড্ নাইট্রেটকে একটি পাত্রে লইয়া খুব উত্তপ্ত কর। পাত্রে হলদে বর্ণের PbO পড়িয়া থাকে।

(খ) ক্ষার ধাতুর (যথা, পটাসিয়াম বা সোডিয়ামের) নাইট্রেটকে উত্তপ্ত করিলে নাইট্রাইট ও অক্সিজেন উৎপন্ন হয়; $2KNO_3 = 2KNO_2 + O_2$.

(গ) অ্যামোনিয়াম নাইট্রেটকে উত্তপ্ত করিলে নাইট্রাস অক্সাইড ও জল উৎপন্ন হয়; $NH_4NO_3 = N_2O + 2H_2O$.

পরীক্ষা ঃ অ্যামোনিয়াম নাইট্রেটকে একটি পরীক্ষা-নলে উত্তপ্ত কর। নাইট্রাস অক্সাইড উত্থিত হয়। ইহার ঘ্রাণ লও। মনে একটি হাস্যোদ্দীপক ভাবের উদয় হইবে।

(ঘ) নাইট্রেট তাপে বিশ্লিষ্ট হয় এবং সঙ্গে সঙ্গে অক্সিজেন উৎপন্ন হয়। সুতরাং ইহারা তীব্র জারকের কাজ করে।

পরীক্ষা ঃ একটি পরীক্ষা-নলে কিছু পটাসিয়াম নাইট্রেট লও। ইহাকে গরম কর যতক্ষণ না ইহা গলিয়া যায়। ইহাতে দুই-এক টুকরা শুষ্ক কাঠ-কয়লা ফেলিয়া দাও। কয়লায় আগুন ধরিয়া যাইবে এবং ইহা প্রবলভাবে জ্বলিতে থাকিবে।

(ঙ) **নাইট্রেটের ব্যবহার ঃ** সিল্ভার নাইট্রেট ফটোগ্রাফিতে, অ্যামোনিয়াম ও সোডিয়াম নাইট্রেট সাররূপে, লেড নাইট্রেট রঞ্জন-শিল্পে, বেরিয়াম নাইট্রেট বাজি প্রস্তুতে এবং পটাসিয়াম নাইট্রেট বারুদ প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্নাবলী

1. What happens when hot and cold nitric acid of different strengths actss upon the following :—Zinc, Copper, Tin and Mercury? যখন বিভিন্ন তীব্রতার উষ্ণ ও পাতলা HNO_3 (i) জিঙ্ক, (ii) কপার, (iii) টিন ও (iv) পারদের উপর ক্রিয়া করে তখন কি ঘটে? (C. U. 1911. '14, '28, '31, '43)

2. Demonstrate by experiment that nitric acid contains nitrogen, hydrogen and oxygen. পরীক্ষা দ্বারা দেখাও যে নাইট্রিক অ্যাসিডে নাইট্রোজেন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন আছে। (C. U. 1935, '33)

3. Sketch the apparatus you have actually used in the preparation of HNO_3. Describe the process of preparation and mention the impurities in the acid. Why nitric acid prepared in the laboratory looks brown? How would you remove brown colour? HNO_3-এর প্রস্তুতিতে যে যন্ত্র সত্যই তুমি ব্যবহার

করিয়াছ তাহা আঁক। যৌগের প্রস্তুত-প্রণালী বর্ণনা কর। ইহার অশুদ্ধির উল্লেখ কর। পরীক্ষাগারে প্রস্তুত নাইট্রিক অ্যাসিড বাদামি রংয়ের দেখায় কেন? বাদামি রং কিভাবে দূরীভূত হয়? (C. U. 1910, '36 ; All '14 ; Punj. '15).

4 Describe at least two methods of manufacturing nitric acid. Describe the principal properties of the compound. নাইট্রিক অ্যাসিডের পণ্যোৎপাদনের অন্ততঃ দুইটি পদ্ধতি বর্ণনা কর এবং ইহার প্রধান ধর্মগুলি বর্ণনা কর। (C. U. 1934)

5. How will you obtain from nitric acid (a) oxygen, (b) nitrogen, (c) ammonia, (d) N_2O, (e) NO and (f) N_2O_4? HNO_3 হইতে কি প্রকারে (a) অক্সিজেন (b) নাইট্রোজেন (c) অ্যামোনিয়া (d) N_2O (e) NO (f) N_2O_4 পাওয়া যায়? (C. U. 1918, '20).

6. Describe the effects of strong HNO_3 on leather, cotton, silver-coin, gold-leaf and charcoal. চামড়া, তুলা, রৌপ্যমুদ্রা, স্বর্ণপত্র ও কয়লার উপর গাঢ় HNO_3-এর ক্রিয়া বর্ণনা কর। (C. U. 1911, '14, '28, '31, '43)

7. Say which of the following statements are true. Mark them X :—(i) Ammonium nitrate on heating decomposes into nitric oxide and water. (ii) Zinc with strong nitric acid gives ammonium nitrate, water and zinc nitrate. (iii) Nitric acid on heating decomposes into water, nitrogen and oxygen. (iv) The action of aqua regia is due to the evolution of oxygen. নিম্নলিখিত উক্তির মধ্যে কোনটা সত্য? ইহাকে X চিহ্নিত কর। (i) NH_4NO_3কে উত্তপ্ত করিলে ইহা নাইট্রিক অক্সাইড ও জলে বিশ্লিষ্ট হয়! (ii) গাঢ় HNO_3 ও Zinc-এর ক্রিয়ায় NH_4NO_3, H_2O ও $Zn(NO_3)_2$ উৎপন্ন হয়. (iii) HNO_3 উত্তাপে জলে, নাইট্রোজেনে ও অক্সিজেনে বিশ্লিষ্ট হয়, (iv) অম্লরাজের ক্রিয়া অক্সিজেন উৎপাদনের জন্য হয়।

8. Give the tests of nitric acid and nitrates. নাইট্রিক অ্যাসিড ও নাইট্রেটের সনাক্তকরণের পরীক্ষা দাও।

9. What happens when—(i) cold and dilute HNO_3 acid is added to Cu. (ii) A mixture of NH_3 and air is passed over heated platinum wire-gauze. (iii) A piece of Fe is dipped into very strong HNO_3. (iv) Mg is treated with dil HNO_3 কি ঘটে যখন (i) কপারের সঙ্গে শীতল ও পাতলা HNO_3 যোগ করা হয় (ii) উত্তপ্ত প্লাটিনাম তারের উপর দিয়া NH_3 ও বায়ুর মিশ্রণ অতিক্রম করানো হয়। (iii) গাঢ় HNO_3তে একখণ্ড লৌহ ডোবানো হয়। (iv) পাতলা HNO_3-এর সঙ্গে Mgর ক্রিয়া করানো হয়।

8. Fill up the blanks. শূন্যস্থান পূরণ কর :—

(i) $KNO_3 + - = KHSO_4 + -$

(ii) $Mg + 2HNO_3 = - + -$

9. How do you account for the occurrence of oxides of nitrogen and nitrates in the air and in the soil? বায়ুতে ও মৃত্তিকায় নাইট্রোজেন অক্সাইডের ও নাইট্রেটের উপস্থিতি কি প্রকারে ব্যাখ্যা করিবে ?

10. What are thh effects of distilling (a) very dilute nitric acid, (b) pure nitric acid ? অত্যন্ত পাতলা ও বিশুদ্ধ নাইট্রিক অ্যাসিডকে পাতিত করিবার ফল কি ?

11, How do you obtain nitrates of lead and potassium in the laboratory ? পরীক্ষাগারে লেড ও পটাসিয়ামের নাইট্রেট কি করিয়া পাওয়া যায় ?

12. Give an account of the effects of heat on nitrates, নাইট্রেটের উপর তাপের ক্রিয়া বর্ণনা কর।

13. Give experiments showing oxidising action of nitric acid and its solvent action. নাইট্রিক অ্যাসিডে জারকগুণ ও দ্রাবকগুণ দেখাইবার জন্য পরীক্ষা বর্ণনা কর।

ষষ্ঠ অধ্যায়

[**Course Content :**—Nitric oxide and nitrogen peroxide as reduction products of, and in relation to nitric acid. Detailed study of these oxides not required. Use of nitrous oxide in anaesthesia. Nitrogen cycle—necessity of using nitrogeneous fertiliser. Chart of nitrogen cycle.]

নাইট্রোজেনের অক্সাইড

নাইট্রোজেন নিষ্ক্রিয় মৌল হইলেও অক্সিজেনের সঙ্গে ইহার ভাব খুব বেশী। নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন যুক্ত হইয়া পাঁচটি অক্সাইড গঠন করে, যথা নাইট্রাস অক্সাইড N_2O, নাইট্রিক অক্সাইড NO, নাইট্রোজেন ট্রাই অক্সাইড N_2O_3, নাইট্রোজেন পারক্সাইড NO_2, নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড N_2O_5।

প্রস্তুতের নীতি ঃ

নাইট্রিক অ্যাসিডকে বিজারিত করিলে কিংবা নিরুদিত (dehydrate) করিলে এই সকল অক্সাইড পাওয়া যায়—যথা: **নাইট্রিক অ্যাসিডের বিজারণ ঃ**

(i) **N_2O :** $2HNO_3+8H=N_2O+5H_2O$.

লঘু ও শীতল HNO_3 ও কপারের ক্রিয়া; $4Cu+10HNO_3=N_2O+4Cu(NO_3)_2+5H_2O$.

(ii) **NO :** $2HNO_3+6H=2NO+4H_2O$.

অর্ধলঘু (1 : 1) ও শীতল HNO_3 ও কপারের ক্রিয়া; $3Cu+8HNO_3=2NO+3Cu(NO_3)_2+4H_2O$.

(iii) **NO_2 :** $2HNO_3+2H=2NO_2+H_2O$.

ঘন ও তপ্ত HNO_3 ও কপারের ক্রিয়া; $4HNO_3+Cu=2NO_2+Cu(NO_3)_2+2H_2O$.

নাইট্রিক অ্যাসিডের নিরুদণ

(iv) **N_2O_3 ও N_2O_5 :** নাইট্রিক অ্যাসিডকে আরসেনিয়াম অক্সাইড (As_2O_3) ও ফসফরাস পেণ্টোক্সাইড (P_2O_5) দ্বারা নিরুদিত করিলে যথাক্রমে N_2O_3 ও N_2O_5 প্রস্তুত হয়।

$$2HNO_3+As_2O_3=N_2O_3+H_2O+As_2O_5$$

$$2HNO_3+P_2O_5=N_2O_5+2HPO_3.$$

নাইট্রাস অক্সাইড (Nitrous Oxide) N_2O

৩৯। **নাইট্রাস অক্সাইডের প্রস্তুত-প্রণালী :** (i) একটি ফ্লাস্কে শুষ্ক অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট লইয়া ধীরে ধীরে 200°Cএর নীচে গরম কর। দ্রুত ও অধিক উত্তপ্ত হইলে বিস্ফোরণের সম্ভাবনা থাকে। ইহা বিশ্লিষ্ট হইয়া নাইট্রাস অক্সাইড ও জল উৎপন্ন করে। নাইট্রাস অক্সাইড ঠাণ্ডা জলে দ্রবীভূত হয়। কিন্তু গরম জলে ইহা অদ্রাব্য। সেইজন্য গরম জল অপসারণের দ্বারা ইহা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয় ; $NH_4NO_3=N_2O+2H_2O$.

অ্যামোনিয়াম নাইট্রেটের পরিবর্তে অ্যামোনিয়াম সাল্‌ফেট ও সোডিয়াম নাইট্রেটের মিশ্রণ উত্তপ্ত করিলে বিস্ফোরণের সম্ভাবনা থাকে না।

$(NH_4)_2SO_4+2NaNO_3=Na_2SO_4+2NH_4NO_3$.

(ii) নাইট্রিক অ্যাসিডকে Zn বা $SnCl_2$ সহযোগে বিজারিত করিলে N_2O উৎপন্ন হয়।

$2HNO_3+4SnCl_2+8HCl=4SnCl_4+5H_2O+N_2O$.

৪০। **নাইট্রাস অক্সাইডের ধর্ম : ভৌত ধর্ম :** নাইট্রাস অক্সাইড বর্ণহীন সামান্য গন্ধযুক্ত গ্যাস। ইহা বায়ু অপেক্ষা দেড়গুণ ভারী। বায়ুমিশ্রিত নাইট্রাস অক্সাইডকে প্রশ্বাসের সঙ্গে গ্রহণ করিলে হাস্য উৎপাদন করে। সেইজন্য ইহাকে **লাফিং গ্যাস** (laughing gas) বলে। ইহা অস্ত্রোপচারের সময় চৈতন্যনাশক (anaesthetic) রূপে ব্যবহৃত হয়। ইহা ঠাণ্ডা জলে ও কোহলে দ্রাব্য কিন্তু গরম জলে অদ্রাব্য। নাইট্রাস অক্সাইড প্রশম (neutral) অক্সাইড। ইহা লিটমাস কাগজের বর্ণ পরিবর্তন করে না কিংবা অ্যাসিড বা ক্ষারকের সঙ্গে কোন ক্রিয়া করে না।

রাসায়নিক ধর্ম : নাইট্রাস অক্সাইড দাহ্য নয় কিন্তু দহনের সহায়ক। অর্ধজ্বলন্ত কয়লা, জ্বলন্ত ফসফরাস বা গন্ধক এবং উত্তপ্ত লোহা বা সোডিয়াম বা পটাসিয়াম নাইট্রাস অক্সাইড গ্যাসে খুব উজ্জ্বলভাবে জ্বলে। উচ্চ তাপে নাইট্রাস অক্সাইড বিশ্লিষ্ট হইয়া নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনে পরিণত হয়। এই অক্সিজেন দহনের সহায়তা করে। বায়ুর চেয়ে ইহাতে অক্সিজেনের ভাগ বেশী (33%) থাকে বলিয়া বস্তুগুলি উজ্জ্বলভাবে জ্বলে। সেইজন্য ক্ষীণভাবে প্রজ্বলিত গন্ধক এই গ্যাসে নিবিয়া যায়। কারণ যথেষ্ট তাপ না থাকায় N_2O

বিশ্লিষ্ট হয় না। খুব উত্তপ্ত কপার নাইট্রাস অক্সাইডকে সম্পূর্ণরূপে বিশ্লিষ্ট করে।

$2N_2O = 2N_2 + O_2$; $N_2O + Cu = CuO + N_2$; $4P + 10N_2O = 2P_2O_5 + 10N_2$; $S + 2N_2O = SO_2 + 2N_2$; $C + 2N_2O = CO_2 + 2N_2$. $2Na + 2N_2O = Na_2O_2 + 2N_2$.

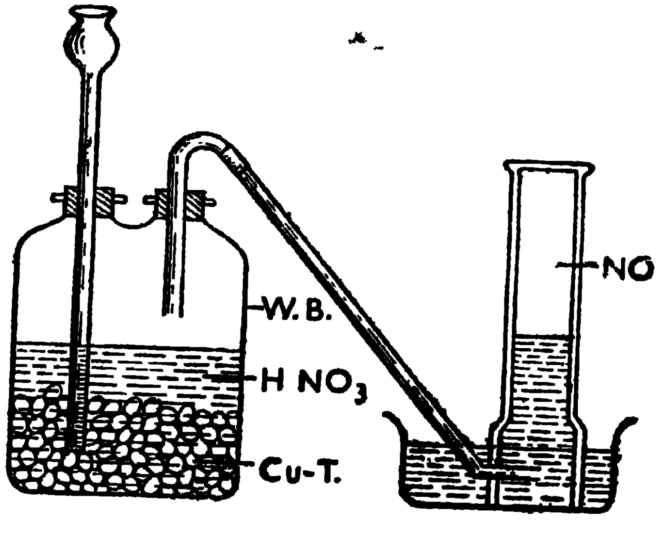
NO গ্যাস N_2O-এর সঙ্গে মিশাইলে কোন বর্ণ পরিবর্তন হয় না, NO গ্যাস O_2-এর সঙ্গে মিশাইলে NO_2-এর পিঙ্গলবর্ণের ধোঁয়া উৎপন্ন হয়।

নাইট্রিক অক্সাইড (Nitric Oxide, NO)

৪২। নাইট্রিক অক্সাইডের প্রস্তুত-প্রণালী : (1) নীতি : অর্ধলঘু (1 : 1) নাইট্রিক অ্যাসিডের উপর কপার ক্রিয়া করিলে নাইট্রিক অ্যাসিড বিজারিত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হয়। ঘন নাইট্রিক অ্যাসিডের বিজারণে N_2O_3 উৎপন্ন হয়।

$$3Cu + 8HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 4H_2O + 2NO.$$

পরীক্ষা : দীর্ঘনল-ফানেল (thistle funnel) ও নির্গমনলযুক্ত একটি উলফ্-বোতলে (W. B.) কিছু কপার-ছিলা (Cu-T) লও। সম-আয়তন গাঢ় HNO_3 ও জলের মিশ্রণকে দীর্ঘনল ফানেলে ঢালিয়া দাও। দেখিবে যেন ফানেলের শেষপ্রান্ত সর্বদাই অ্যাসিডের দ্রবণে ডুবিয়া থাকে। নাইট্রিক



২১নং চিত্র—কপার ছিলা ও নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে নাইট্রিক অক্সাইডের প্রস্তুতি।

অক্সাইড গ্যাস উত্থিত হয়। এই গ্যাস বোতলের বায়ুর অক্সিজেনের সহিত ক্রিয়া করিয়া পিঙ্গলবর্ণ গ্যাস উৎপন্ন করে ; $2NO+O_2=2NO_2$. পিঙ্গলবর্ণ গ্যাসকে নির্গমনল দিয়া প্রথমে বাহির হইতে দাও। তৎপরে নির্গমনলের শেষপ্রান্তকে গ্যাঁসদ্রোণীতে জলের মধ্যে রাখিয়া ইহার উপর জলপূর্ণ গ্যাসজার উপুড় করিয়া দাও। বর্ণহীন নাইট্রিক অ্যাসিড গ্যাস এই জারে জমে। লক্ষ্য রাখিবে যন্ত্রটি সম্পূর্ণ বায়ুনিরুদ্ধ হয়।

শোধন ঃ এই গ্যাসে কিছু নাইট্রাস অক্সাইড, নাইট্রোজেন প্রভৃতি অন্য গ্যাস মিশ্রিত থাকে। অশুদ্ধ গ্যাসকে শীতল ও সংপৃক্ত ফেরাস সাল্‌ফেটের দ্রবণের মধ্য দিয়া অতিক্রম করাইলে ফেরাস সাল্‌ফেট কেবল নাইট্রিক অক্সাইড শোষণ করিয়া ঘোর বাদামী বর্ণের $FeSO_4,NO$ যৌগ গঠন করে। ইহা দুঃস্থিত পদার্থ এবং সামান্য উত্তাপে বিশ্লিষ্ট হইয়া নাইট্রিক অক্সাইড পুনরুৎপাদন করে। এই বিশুদ্ধ গ্যাসকে পারদের উপর সংগ্রহ করা হয়।

৪৩। **নাইট্রিক অক্সাইডের ধর্ম ঃ ভৌত ধর্ম ঃ** নাইট্রিক অক্সাইড বর্ণহীন গ্যাস। ইহা জলে অদ্রাব্য। ইহা বায়ুর চেয়ে একটু ভারী। শরীরের উপর এই গ্যাসের বিষক্রিয়া আছে।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ (i) নাইট্রিক অক্সাইড প্রশম অক্সাইড। ইহা লিটমাসের বর্ণ পরিবর্তন করে না।

(ii) নাইট্রিক অক্সাইড অদাহ্য গ্যাস। ইহা খুব সুস্থিত অক্সাইড। ইহা কম উষ্ণতায় বিশ্লিষ্ট হয় না কিন্তু উচ্চ উষ্ণতায় (প্রায় 1000°C) বিশ্লিষ্ট হইয়া অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনে পরিণত হয়। এই অক্সিজেনই দহনের সহায়তা করে ; $2NO+\text{তাপ}=N_2+O_2$.

সেইজন্য ক্ষীণভাবে প্রজ্বলিত কয়লা, সালফার, ম্যাগনেসিয়াম প্রভৃতি NO গ্যাসে প্রবেশ করাইলে নিবিয়া যায় কিন্তু উজ্জ্বলভাবে প্রজ্বলিত অবস্থায় প্রবেশ করাইলে ইহারা জ্বলিতে থাকে ; $10NO=5N_2+5O_2$. $4P+5O_2=2P_2O_5$. $2Mg+2NO=2MgO+N_2$.

(iii) নাইট্রিক অক্সাইড অক্সিজেনের সহিত মিলিত হইয়া নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডের লাল্‌চে ধোঁয়া উৎপন্ন করে ; $2NO+O_2=2NO_2$.

পরীক্ষা ঃ নাইট্রিক অক্সাইডপূর্ণ গ্যাস-জার জলের উপর উপুড় করিয়া দাও। জারের ভিতর অল্প অল্প অক্সিজেন ধীরে ধীরে অতিক্রম করাও।

জারের ভিতর লাল ধোঁয়া উৎপন্ন হয় এবং সঙ্গে সঙ্গে ইহা জলে দ্রবীভূত হয়। এইরূপ সমস্ত গ্যাস নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডে পরিণত হয় এবং গ্যাস-জার জলে ভর্তি হয়।

(iv) নাইট্রিক অক্সাইড শীতল ফেরাস সাল্ফেটের দ্রবণের সঙ্গে গাঢ় বাদামী বর্ণের দুঃস্থিত যৌগ $FeSO_4,NO$ গঠন করে। দ্রবণ উত্তপ্ত করিলে নাইট্রিক অক্সাইড পুনর্গঠিত হয়।

(v) কারবন ডাই-সালফাইডের বাষ্প ও নাইট্রিক অক্সাইডের মিশ্রণে অগ্নিসংযোগ করিলে ইহা উজ্জ্বল নীল শিখার সহিত জ্বলিতে থাকে।

$$2CS_2+10NO=2CO+4SO_2+5N_2.$$

(vi) **নাইট্রিক অক্সাইডের বিজারণ:** (ক) নাইট্রিক অক্সাইডকে উত্তপ্ত কপার বা লৌহের উপর দিয়া অতিক্রম করাইলে ইহা বিজরিত হইয়া বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন উৎপন্ন করে; $2Cu+2NO=2CuO+N_2$.

(খ) নাইট্রিক অক্সাইড ও হাইড্রোজেন গ্যাসের মিশ্রণকে প্ল্যাটিনামযুক্ত অ্যাস্বেস্টসের উপর দিয়া অতিক্রম করাইলে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়।

$$2NO+5H_2=2NH_3+2H_2O.$$

(গ) সাল্ফার ডাই-অক্সাইড দ্রবণও নাইট্রিক অক্সাইডকে বিজারিত করে;

$$2NO+SO_2+H_2O=N_2O+H_2SO_4.$$

(vii) **নাইট্রিক অক্সাইডের জারণ:** নাইট্রিক অক্সাইড পাতলা সাল্ফিউরিক অ্যাসিড ও পটাস পারম্যাঙ্গেনেট দ্রবণের দ্বারা জারিত হইয়া নাইট্রিক অ্যাসিড গঠন করে। পারম্যাঙ্গেনেট বর্ণহীন হয়। আয়োডিনও ইহাকে জারিত করে; $6KMnO_4+9H_2SO_4+10NO=3K_2SO_4+6MnSO_4+10HNO_3+4H_2O$. $3I_2+2NO+4H_2O=2HNO_3+6HI$.

(viii) নাইট্রিক অক্সাইড ও ক্লোরিন-ক্রিয়া করিয়া নাইট্রোসিল ক্লোরাইড উৎপন্ন করে; $2NO+Cl_2=2NOCl$.

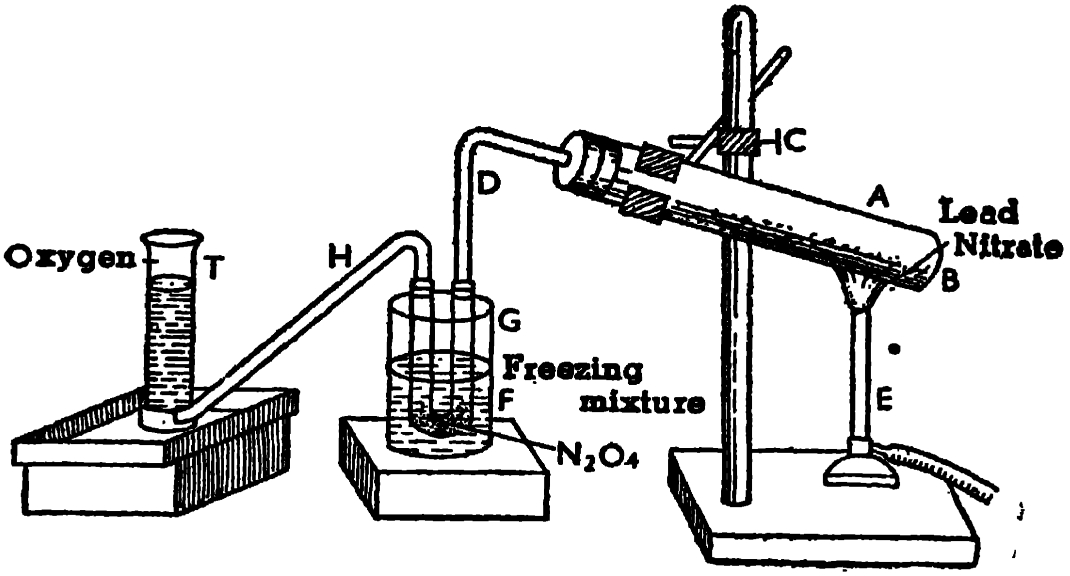
৪৪। **ব্যবহার:** বার্কল্যাণ্ড ও আইড প্রণালীতে নাইট্রিক অক্সাইড হইতে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত হইত। আজকাল অ্যামোনিয়া জারণ দ্বারা উৎপন্ন নাইট্রিক অক্সাইড হইতে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়। প্রকোষ্ঠ পদ্ধতিতে (Chamber Process) সাল্ফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতে নাইট্রিক অক্সাইড প্রয়োজন হয়।

নাইট্রোজেন টেট্রোক্সাইড বা পার-অক্সাইড

(Nitrogen Tetroxide or Peroxide NO_2 or N_2O_4)

৪৫। **নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডের প্রস্তুত-প্রণালী :** (i) **নীতি :** Na ও K-এর নাইট্রেট ব্যতীত সব নাইট্রেটকে উত্তপ্ত করিলে নাইট্রোজেন পারঅক্সাইড উৎপন্ন হয় ; $2Pb(NO_3)_2 = 2PbO + 4NO_2 + O_2$.

পরীক্ষা : একটি শক্ত ও মোটা A কাচনলে শুষ্ক ও গুঁড়া লেড নাইট্রেট লও। মোটা কাচনলকে একটি লোহার দণ্ডে একটু উর্ধ্বমুখী করিয়া বাঁকানো C আংটার দ্বারা আটকাও। কাচনলের মুখ কর্ক দিয়া বন্ধ কর। কর্কের একটি ছিদ্রের মধ্য দিয়া বাঁকানো নির্গম-নল D-র অপর প্রান্ত একটি মোটা U-নলের সহিত যুক্ত কর। U-নলকে বরফ ও লবণের হিমমিশ্রের (freezing mixture) (G) মধ্যে রাখ। U-নলের সহিত যুক্ত H-নলের শেষপ্রান্ত গ্যাস-দ্রোণীর মধ্যে জলপূর্ণ T গ্যাসজারের নীচে রাখ। A নলকে E বুনসেন দীপ দ্বারা ধীরে ধীরে উত্তপ্ত কর। নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড প্রথমে U-নলে হলদে তরলরূপে সঞ্চিত হয়। অক্সিজেন গ্যাস-জারে জমে। এই জারে অর্ধ জ্বলন্ত শলাকা ধরিলে ইহা উজ্জ্বলভাবে জ্বলে।



২২নং চিত্র—লেড্-নাইট্রেট হইতে নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডের প্রস্তুতি

(ii) কপার-ছিলার উপর গাঢ় **নাইট্রিক অ্যাসিডের বিজারণ** ক্রিয়ার দ্বারা নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$Cu + 4HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + N_2O_4 + 2H_2O.$$

এই ক্রিয়ায় উৎপন্ন জল নাইট্রিক অ্যাসিডের গাঢ়তা কমাইয়া দেয়। সেইজন্য কিছু নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

৪৬। নাইট্রোজেন পার অক্সাইডের ধর্ম : ভৌত ধর্ম : (ক) উষ্ণতা-বৃদ্ধির প্রভাব : নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড —9°C উষ্ণতায় বর্ণহীন কঠিন অবস্থায় থাকে। কঠিনের অণুগুলির সংকেত N_2O_4. উষ্ণতা-বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে কঠিন তরল হয়; তরল 22°Cতে ফুটিতে আরম্ভ করে এবং পিঙ্গল বর্ণ গ্যাসে পরিণত হয়। উত্তাপে N_2O_4 অণু বিয়োজিত হইয়া NO_2তে পরিণত হয়। এই সংকেতগুলি বিভিন্ন উষ্ণতায় গ্যাসের বাষ্পীয় ঘনত্ব (Vapour deusity) নিরূপণ দ্বারা স্থিরীকৃত হইয়াছে। N_2O_4 অণু বর্ণহীন, NO_2 অণুর বর্ণ গাঢ় বাদামী। সুতরাং উষ্ণতা-বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে বর্ণেরও পরিবর্তন হয়। 140° উষ্ণতায় N_2O_4 অণু সম্পূর্ণ ভাঙ্গিয়া NO_2 অণু হয়। 620°C উষ্ণতায় NO_2 অণু বিয়োজিত হইয়া অক্সিজেন ও নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত হয়। সুতরাং তখন গ্যাস একেবারে বর্ণশূন্য হয়। উষ্ণতা কমাইলে বিপরীত পরিবর্তন সাধিত হয়।

$$\underset{\text{(কঠিন)}}{N_2O_4} \overset{-9^\circ C}{\rightleftarrows} \underset{\text{(তরল)}}{N_2O_4} \overset{22^\circ C}{\rightleftarrows} \underset{\text{(গ্যাস)}}{N_2O_4} \overset{140^\circ C}{\rightleftarrows} 2NO_2 \overset{620^\circ C}{\rightleftarrows} 2NO+O_2.$$

রাসায়নিক ধর্ম : (i) সাধারণ উষ্ণতায় নাইট্রোজেন পারঅক্সাইড জলে দ্রবীভূত হইয়া নাইট্রাস অ্যাসিড ও নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

$$N_2O_4+H_2O=HNO_3+HNO_2.$$

উষ্ণতা একটু বাড়াইলে নাইট্রাস অ্যাসিড ভাঙ্গিয়া যায় এবং নাইট্রিক অ্যাসিড ও নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$3HNO_2=HNO_3+H_2O+2NO.$$

(ii) কস্টিক সোডার দ্রবণ বা গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডকে শোষণ করে। কস্টিক সোডা $NaNO_3$ ও $NaNO_2$ লবণ গঠন করে; $2NO_2+2NaOH=NaNO_3+NaNO_2+H_2O$.

সালফিউরিক অ্যাসিড নাইট্রোজেন পারক্সাইডের সঙ্গে নাইট্রো-সালফিউরিক অ্যাসিড গঠন করে।

$$H_2SO_4+2NO_2=HSO_4(NO)+HNO_3.$$

(iii) নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড অদাহ্য; সাধারণ উষ্ণতায় ইহা দহনের সহায়ক নহে। অধিক উষ্ণতায় গ্যাসটি বিয়োজিত হইয়া অক্সিজেন দেয়। এই অক্সিজেন দহনের সাহায্য করে।

পরীক্ষা: নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড পূর্ণ গ্যাস-জারে জ্বলন্ত পাটকাঠি বা মোমবাতি প্রবেশ করাও। ইহারা নিবিয়া যায়।

গ্যাস-জারে প্রজ্বলিত সাল্‌ফার বা ফসফরাস প্রবেশ করাও। ইহারা উজ্জ্বলভাবে জ্বলিতে থাকে; $2S+2NO_2=2SO_2+N_2$.

নাইট্রিক অক্সাইড সালফার-দহনে সাহায্যে করে না। ইহা হইতে প্রমাণ হয় NO অপেক্ষা NO_2 দুঃস্থিত যৌগ।

(iv) **নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড একটি জারক।** সাধারণ উষ্ণতায় ইহা কারবন মনোক্সাইডকে, হাইড্রোজেন সাল্‌ফাইডকে, পটাসিয়াম আয়োডাইডকে এবং লোহিত তপ্ত কপারকে, উত্তপ্ত লেড বা টিনকে জারিত করিয়া ইহাদের অক্সাইড উৎপন্ন করে।

$$2CO+N_2O_4 = 2CO_2+2NO.$$

$$2H_2S+N_2O_4 = 2S+2H_2O+2NO.$$

$$2KI+NO_2+H_2O = 2KOH+NO+I_2.$$

$$4Cu+2NO_2 = 4CuO+N_2.$$

$$2Pb+2NO_2 = 2PbO+2NO.$$

$$Sn+2NO_2 = SnO_2+2NO.$$

কপারের সহিত ক্রিয়ার সাহায্যে নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডের সংকেত স্থির করা হয়।

স্টীম ও NO_2 মিলিয়া SO_2কে সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত করে।

$$NO_2+SO_2+H_2O=H_2SO_4+NO.$$

উত্তপ্ত প্লাটিনাম অনুঘটকের সংস্পর্শে নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত হইয়া অ্যামোনিয়াতে পরিণত হয়।

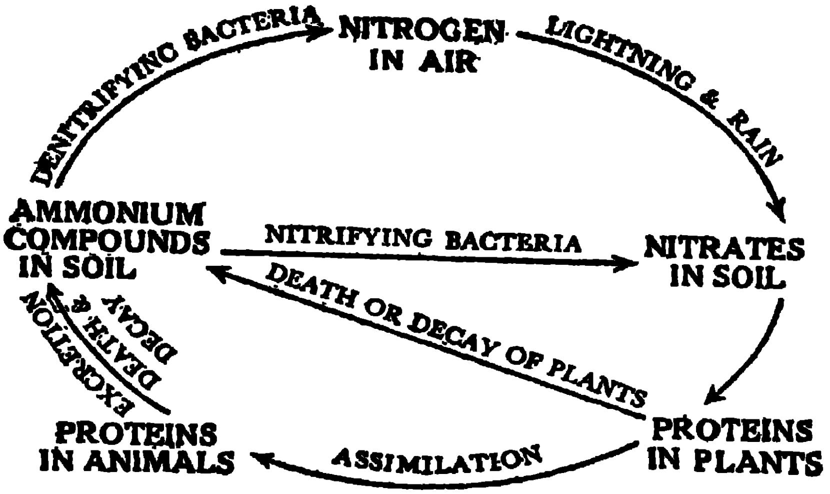
$$2NO_2+7H_2=2NH_3+4H_2O.$$

৪৭। তিনটি অক্সাইডের তুলনা ঃ

নাইট্রাস অক্সাইড	নাইট্রিক অক্সাইড	নাইট্রোজেন টেট্রোক্সাইড
N_2O	NO	N_2O_4 বা NO_2
বর্ণহীন গ্যাস	বর্ণহীন গ্যাস	নিম্ন উষ্ণতায় হলদে তরল, সাধারণ উষ্ণতায় পিঙ্গল গ্যাস
হাস্যোদ্দীপক চৈতন্যনাশক	গন্ধ জানা নাই	উগ্রগন্ধ
O_2র সহিত পিঙ্গল ধোঁয়া হয় না	পিঙ্গল ধোঁয়া হয়	
শীতল জলে দ্রাব্য	অদ্রাব্য	শীতল জলে HNO_2 এবং HNO_3 গঠন করে।: গরম জলে NO এবং HNO_3 গঠন করে।
নিম্ন উষ্ণতায় বিশ্লিষ্ট হইয়া N_2 ও O_2 হয়। O_2 দহনের সহায়তা করে।	উচ্চ উষ্ণতায় ইহা বিশ্লিষ্ট হয়। উচ্চ উষ্ণতায় ইহা দহনের সহায়ক। ইহা CS_2 বাষ্পের সহিত নীল শিখার সহিত জ্বলে।	ইহা উজ্জ্বলভাবে প্রজ্বলিত বস্তুর দহনের সহায়ক ইহা উচ্চ উষ্ণতায় বিশ্লিষ্ট হয়। ইহা গাঢ় H_2SO_4 ও KOH দ্বারা শোষিত হয়।

৪৮। **নাইট্রোজেন চক্র (Nitrogen Cycle)** : **প্রোটিন** (Protein) নামক একটি যৌগিক পদার্থ প্রাণী ও উদ্ভিদ দেহের একটি অপরিহার্য উপাদান। প্রোটিন ব্যতীত জীবজগতের অস্তিত্ব সম্ভব নয়। ইহা কারবন, অক্সিজেন, হাইড্রোজেন ও নাইট্রোজেনের যৌগ। অক্সিজেন ক্রিয়াশীল মৌল বলিয়া ইহাকে উদ্ভিদ ও প্রাণী শ্বাসকার্যের বায়ুর সঙ্গে সাক্ষাৎভাবে গ্রহণ করিয়া দেহসাৎ করে। বায়ুতে অফুরন্ত নাইট্রোজেন থাকিলেও নাইট্রোজেন নিষ্ক্রিয় মৌল বলিয়া কয়েকটি উদ্ভিদ ব্যতীত এই নাইট্রোজেনকে কোন উদ্ভিদ বা

প্রাণী শ্বাসকার্যে বায়ুর সঙ্গে গ্রহণ করিলেও প্রত্যক্ষভাবে প্রোটিন গঠনের কাজে লাগাইতে পারে না। তবে জীবজগৎ প্রোটিন গঠনের জন্য নাইট্রোজেন কোথা হইতে পায় ?



২৩নং চিত্র—নাইট্রোজেন চক্র

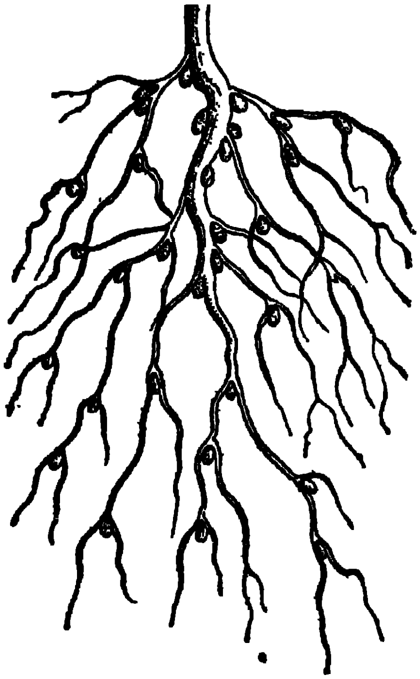
উদ্ভিদ মাটি হইতে মূল দ্বারা নাইট্রেট লবণের জলীয় দ্রবণ টানিয়া লয়। নাইট্রেটে নাইট্রোজেন থাকে। উদ্ভিদ নাইট্রেট হইতে প্রোটিন গঠন করে। প্রাণী কিন্তু এইরূপেও প্রোটিন গঠন করিতে পারে না! প্রাণিগণ উদ্ভিদের দ্বারা প্রস্তুত প্রোটিন-খাদ্য ভক্ষণ করিয়া প্রোটিন দেহসাৎ করে। মাটির এই নাইট্রেট লবণ পরোক্ষভাবে বায়ুর নাইট্রোজেন হইতে আসে।

প্রকৃতির নিয়ম অনুসারে বায়ুর নাইট্রোজেন নিম্নলিখিত উপায়ে জীবজগতের উপকারে আসে :—

(ক) বায়ুমণ্ডলের ঊর্দ্ধস্তরে উচ্চ ভোল্টের তড়িৎ মোক্ষণের (electric discharge) ফলে ও সূর্যকিরণের দ্বারা বায়ুর উচ্চস্তরে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন যুক্ত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইডে (NO) পরিণত হয়। ইহা অতিরিক্ত অক্সিজেনের সহিত ক্রিয়া করিয়া NO_2তে পরিণত হয়। অক্সাইডগুলি বৃষ্টির জলের সহিত মিশিয়া নাইট্রিক অ্যাসিড গঠন করে এবং জলে দ্রবীভূত হইয়া মাটিতে মিশিয়া যায়। আনুমানিক হিসাবে দেখা যায়, প্রত্যহ সমগ্র পৃথিবীতে আড়াই লক্ষ টন নাইট্রিক অ্যাসিড বিদ্যুৎক্ষরণের দ্বারা উৎপন্ন হয়। নাইট্রিক অ্যাসিড মাটিতে সোডিয়াম বা পটাসিয়াম ক্ষারের সহিত ক্রিয়া করিয়া নাইট্রেট গঠন করে। উদ্ভিদ এই নাইট্রেট দেহসাৎ করিয়া প্রোটিন গঠন করে।

$$N_2+O_2 \xrightarrow{\text{বি. ক্ষ.}} NO \xrightarrow{O} NO_2 \xrightarrow{H_2O} HNO_3 \xrightarrow[\text{ক্ষার}]{\text{মাটির}} \text{নাইট্রেট} \xrightarrow{\text{উদ্ভিদ}} \text{প্রোটিন}$$

(খ) সিমজাতীয় উদ্ভিদের (leguminous plants) যথা ছোলা, মটর, সিমের মূলে গুটি (nodules) থাকে। এই সকল গুটিতে এক প্রকার জীবাণু (bacteria) বাস করে। ইহারা উদ্ভিদ দেহ হইতে খাদ্য সংগ্রহ করে। এই খাদ্যের পরিবর্তে ইহারা বায়ুর নাইট্রোজেনকে উদ্ভিদের খাদ্যোপযোগী জৈব (oraganic) পদার্থে পরিণত করিয়া উদ্ভিদকে উপহার দেয়। সেইজন্য ইহাদিগকে বন্ধু ভাবাপন্ন (symbiotic) জীবাণু বলে। কতকগুলি শৈবাল (algae), ছত্রক (fungi) ও মস জাতীয় উদ্ভিদ বায়ুর মুক্ত নাইট্রোজেন দেহসাৎ করে। অনেক সময় ধনুচে, সিম, বরবটি গাছ জমিতে উৎপন্ন করিয়া ফুল ধরিবার সঙ্গে সঙ্গে লাঙ্গল দিয়া জমি চষিয়া ইহাদিগকে মাটিতে মিশাইয়া দেওয়া হয়। ইহাতে গুটির নাইট্রোজেন-যৌগ মাটিতে চলিয়া যায়।



২৪নং চিত্র—মটরের গাছের শিকড়ের গুটি।

(গ) তৃণভোজী প্রাণী উদ্ভিদ ভক্ষণ করিয়া উদ্ভিদ-প্রোটিন গ্রহণ করে। আবার মাংসাশী প্রাণী তৃণভোজী প্রাণীর মাংস ভক্ষণ করিয়া নিজেদের প্রোটিন সংগ্রহ করে।

(ঘ) উদ্ভিদ ও প্রাণীর মৃতদেহ এবং প্রাণীর মলমূত্রাদি পচিয়া যাইলে প্রোটিন বিশ্লিষ্ট হইয়া অ্যামোনিয়াতে ও কিছু মুক্ত নাইট্রোজেনে পরিণত হয়। উদ্ভিদ নাইট্রেট-লবণ ছাড়া নাইট্রোজেন অন্য আকারে গ্রহণ করিতে পারে না। সুতরাং এই অ্যামোনিয়া উদ্ভিদের খাদ্যহিসাবে কোন কাজে লাগে না। মাটির কতকগুলি জীবাণু উদ্ভিদের উপকারে আসে। নাইট্রোসিফাইং (nitrosifying) জীবাণু দ্বারা অ্যামোনিয়া প্রথমে নাইট্রাস অ্যাসিডে পরে মাটির ক্ষারের সহিত ক্রিয়ার ফলে নাইট্রাইটে এবং নাইট্রিফাইং (nitrifying) জীবাণু দ্বারা নাইট্রাইট নাইট্রেটে পরিণত হয়। উদ্ভিদ অধিকাংশ নাইট্রেট

খাদ্যরূপে গ্রহণ করে। ইহার সামান্য অংশ ডিনাইট্রিফাইং (denitrifying) জীবাণু দ্বারা পুনরায় মুক্ত নাইট্রোজেনে পরিণত হয়।

এইরূপে স্বতঃ নিয়ন্ত্রিত প্রক্রিয়ার ফলে প্রকৃতিতে নাইট্রোজেন বায়ু হইতে মাটিতে, মাটি হইতে উদ্ভিদে, উদ্ভিদ হইতে প্রাণীতে, উদ্ভিদ ও প্রাণীর দেহ হইতে পুনরায় মাটিতে এবং মাটি হইতে বায়ুতে ফিরিয়া আসে। ইহাকে **নাইট্রোজেন-চক্র** বলে। প্রকৃতিতে এই সকল স্বয়ংনিয়ন্ত্রিত পরিবর্তনের ভিতর এমন একটা সামঞ্জস্য থাকে যে, বায়ুতে নাইট্রোজেনের অনুপাতের কোন তারতম্য হয় না।

৪৯। **নাইট্রোজেন-বন্ধন** (**Fixation of Nitrogen**) : বর্তমানে নিম্নলিখিত কারণে নাইট্রোজেন-যৌগের চাহিদা বৃদ্ধি পাইয়াছে। (i) পৃথিবীর লোকবৃদ্ধির সঙ্গে প্রচুর খাদ্যশস্য প্রয়োজন। একই জমিতে অধিক খাদ্যশস্য উৎপাদনের ফলে জমিতে উপরোক্ত প্রাকৃতিক নাইট্রোজেন চক্র দ্বারা উৎপন্ন নাইট্রোজেন-যৌগ কমিয়া যাইতেছে। জমির উৎপাদনী-শক্তি বাড়াইতে জমিতে কৃত্রিম নাইট্রেট সার দেওয়া দরকার হইয়াছে।

(ii) বহু উপকরণ-প্রস্তুতে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রয়োজন।

(iii) অধিকাংশ বিস্ফোরক প্রস্তুতে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রয়োজন হয়।

এই সব চাহিদা মিটাইবার জন্য বায়ুর অফুরন্ত নাইট্রোজেন হইতে নাইট্রোজেন-যৌগ উৎপাদন করিবার চেষ্টা চলিতে লাগিল। বায়ুর নাইট্রোজেনকে নাইট্রোজেন-যৌগে পরিণত করিবার পদ্ধতিকে **নাইট্রোজেন বন্ধন** বলে। এই সব চেষ্টার ফলে চারিটি পদ্ধতি উদ্ভাবিত হয়। যথা :—

(i) **বার্কল্যাণ্ড ও আইড পদ্ধতি :** এই প্রণালী বর্তমানে কম প্রচলিত আছে। কারণ এই পদ্ধতি অত্যন্ত ব্যয়সংকুল। প্রথম যুদ্ধের সময় জার্মানি বিস্ফোরক প্রস্তুত করিবার জন্য এই পদ্ধতি উদ্ভাবন করে।

(ii) **হেবার পদ্ধতি :** পূর্বে এই পদ্ধতি বর্ণিত হইয়াছে।

(iii) **সায়ানামাইড (Cyanamide) পদ্ধতি :** এই পদ্ধতিতে প্রথমে চুন ও কোককয়লার মিশ্রণকে তড়িৎ চুল্লীতে প্রচণ্ড তাপে ক্যালসিয়াম কারবাইডে (CaC_2) পরিণত করা হয়। চুনাপাথর চুন ও কারবন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। চুন কোক-কয়লার সহিত যুক্ত হইয়া CaC_2 উৎপন্ন করে; $CaCO_3 = CaO + CO_2$; $CaO + 3C = CaC_2 + CO$. ক্যালসিয়াম কারবাইডকে গুঁড়া করিয়া ইহার সহিত দশভাগ $CaCl_2$ মিশাইয়া লোহার

ড্রামে বৈদ্যুতিক চুল্লীতে 1100°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিয়া ইহার উপর দিয়া বিশুদ্ধ শুষ্ক নাইট্রোজেন অতিক্রম করাইলে ক্যাল্‌সিয়াম সায়ানামাইড উৎপন্ন হয় ; $CaC_2 + N_2 = CaCN_2 + C$.

সায়ানামাইড ও কারবনের এই মিশ্রণকে **নাইট্রোলিম** (Nitrolim) বলে। ইহা জমিতে সাররূপে ব্যবহৃত হয়। জমিস্থিত জলের সহিত আর্দ্রবিশ্লেষিত হইয়া $CaCN_2$ হইতে NH_3 উৎপন্ন হয়। এই NH_3 নাইট্রোসিফাইং ও নাইট্রিফাইং জীবাণুর দ্বারা নাইট্রাইট ও নাইট্রেট হয়।

নাইট্রোলিমকে চূর্ণ করিয়া অটোক্লাভ (Autoclave) যন্ত্রে রাখিয়া যন্ত্রের ভিতর অধিক চাপে স্টীম চালানো হয়। সায়ানামাইড জলের দ্বারা আর্দ্র বিশ্লেষিত হইয়া অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে। এই NH_3 সালফিউরিক অ্যাসিডে শোষণ করাইয়া অ্যামোনিয়াম সালফেট প্রস্তুত করা হয়।

$$CaCN_2 + 3H_2O = CaCO_3 + 3NH_3.$$

$$2NH_3 + H_2SO_4 = (NH_4)_2SO_4.$$

(iv) **সারপেক পদ্ধতি :** এই পদ্ধতিতে অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডকে কোক-কয়লা ও নাইট্রোজেনের সহিত উত্তপ্ত করিলে অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রাইড উৎপন্ন হয়। পরে অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রাইডকে জলীয় বাষ্পের সাহায্যে আর্দ্র বিশ্লেষিত করিয়া অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়।

$$Al_2O_3 + 3C + N_2 = 2AlN + 3CO ;$$

$$2AlN + 3H_2O = Al_2O_3 + 2NH_3.$$

প্রশ্নাবলী

1. Both nitrous oxide and air contains nitrogen and oxygen. How would you prove that in one they are chemically combined while in the other they form a mechanical mixture ? নাইট্রাস অক্সাইড ও বায়ুতে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন আছে। তুমি কি প্রকারে প্রমাণ করিবে যে একটিতে ইহারা রাসায়নিকভাবে যুক্ত, অপরটিতে ইহারা একটি যান্ত্রিক মিশ্রণ গঠন করে ?

2. Three cylinders are given to you full of colourless gases which may be either O_2, NO or N_2. How would you identify them ? বর্ণহীন গ্যাস পূর্ণ তিনটি গ্যাস জার দেওয়া হইল, গ্যাসগুলি O_2, NO ও NO_2 হইতে পারে। তুমি ইহাদিগকে কি প্রকারে চিনিবে ?

(Camb. T. 1924)

3. Give the names and formulæ of oxides of nitrogen ? What is the action of (a) water and (b) KOH on them ? নাইট্রোজেনের অক্সাইডের নাম ও সংকেত দাও। ইহাদের উপর জলের ও KOH-এর ক্রিয়া বল।

(Bom. 1912, '26 ; Mad. 1912, '26)

4. How would you prepare Nitric Oxide ? Describe its properties. নাইট্রিক অক্সাইড কিরূপে প্রস্তুত করিবে ? ইহার ধর্ম বর্ণনা কর।

5. How is pure Nitrous oxide prepared ? State its properties. Why is conc. H_2SO_4 and not conc. HCl used in the preparation of HNO_3 ? বিশুদ্ধ নাইট্রাস অক্সাইড কিরূপে প্রস্তুত হয়। ইহার ধর্ম বল। HNO_3-এর প্রস্তুতিতে H_2SO_4 ব্যবহৃত হয় এবং HCl ব্যবহৃত হয় না কেন ?

(Pat. 1925, '37 ; All. 1236 ; C. U. 1912, '19, '22, 24, '26, '29, '44, '46)

6. Match the statements in column NO. 1. with suitable statements in column NO 2.

1	2
(i) Action of U on strong HNO_3	with nitric oxide.
(ii) Oxygen forms brown fumes	does not burn in NO.
(iii) Faintly ignited Sulphur	gives N_2.
(iv) NH_4NO_2 on heating	produces NO_2.

২ নং স্তম্ভ হইতে উপযুক্ত শব্দ বাছাই করিয়া ১ নং স্তম্ভের শব্দের সঙ্গে সঙ্গতি রক্ষা কর।

১	২
(i) গাঢ় HNO_2-এর উপর কপারের ক্রিয়ায়	নাইট্রিক অক্সাইডেব সঙ্গে দেয়।
(ii) অক্সিজেন বাদামী ধোঁয়া	NOতে প্রজ্বলিত হয় না।
(iii) ক্ষীণভাবে জ্বলন্ত গন্ধক	N_2 দেয়।
(iv) উত্তাপে NH_4NO_2	NO_2 দেয়।

7. Describe the nitrogen cycle in nature. প্রকৃতিতে নাট্রোজেন চক্র বর্ণনা কর।

8. What is fixation of atmospheric nitrogen ? Give a short description of processes for fixing atmospheric nitrogen. বায়ুমণ্ডলের নাইট্রোজেন বন্ধন কি ? নাইট্রোজেন বন্ধনের প্রণালীগুলির সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও।

সপ্তম অধ্যায়

ফস্‌ফরাস্ (Phosphorus)

[**Course Content :** Phosphorus as chemical analogue of nitrogen. Treatment of the contents not to exceed one page. Preparation of phosphorus from phosphatic minerals ; white and red phosphorus. Phosphorus tri and pentoxide. Ortho-phosphoric acid (only preparation from bone-ash and from phosphorus pentoxide) ; use of superphosphate of lime as manure. Arsenic as another member of the same family. Use of arsenates and arsenites : Treatment in a short paragraph.]

সংকেত P, আঃ সংকেত P_4, পাঃ ওঃ 31, স্ফুটনাঙ্ক 280·5°C, গলনাঙ্ক, 44·1°C.

৫০ (ক) **অবস্থান :** ফস্‌ফরাস্ অত্যন্ত ক্রিয়াশীল মৌল। সেইজন্য ইহাকে প্রকৃতিতে মৌলিক অবস্থায় পাওয়া যায় না। প্রকৃতিতে ইহা ফস্‌ফেট লবণরূপে অবস্থান করে। ফস্‌ফেট লবণের মধ্যে **ক্যাল্‌সিয়াম ফস্‌ফেটই** প্রধান। নিম্নলিখিত ফস্‌ফেট খনিজগুলি উল্লেখযোগ্য :—

(১) ফস্‌ফোরাইট (Phosphorite), $Ca_3(PO_4)_2$.

(২) ক্লোর-অ্যাপাটাইট (Chlor-apatite), $3Ca_3(PO_4)_2$, $CaCl_2$.

(৩) ফ্লুয়োর-অ্যাপাটাইট (Fluor-apatite), $3Ca_3(PO_4)_2$, CaF_2.

(৪) ভিভিয়ানাইট (Vivianite), $Fe_3(PO_4)_2$, $8H_2O$.

ফ্লোরিডা ও উত্তর পশ্চিম আফ্রিকায় প্রচুর খনিজ ফস্‌ফেট পাওয়া যায়। মরক্কোতে, প্রায় 3000 কোটি মণ ফস্‌ফেট আছে।

৫১। **ফস্‌ফরাস্ চক্র (Phosphorus Cycle) :** ফস্‌ফরাস প্রাণী ও উদ্ভিদ দেহের একটি অপরিহার্য উপাদান। খনিজ ফস্‌ফেট যথা ফস্‌ফোরাইট, অ্যাপাটাইট বায়ু ও বৃষ্টির জলে ক্ষয় ক্ষয়প্রাপ্ত হইলে মৃত্তিকায় মিশিয়া যায়। অনুর্বরা জমিতে কৃত্রিম ফস্‌ফেট সার মিশানো হয়। উদ্ভিদ মূল দ্বারা মাটির ফস্‌ফেট দ্রবণকে (solution) শোষণ করিয়া দেহগঠনের উপযোগী করে। প্রাণী ফস্‌ফেট সাক্ষাৎভাবে দেহসাৎ করিতে পারে না। ইহারা সম্পূর্ণরূপে উদ্ভিদের উপর নির্ভর করে। প্রাণী উদ্ভিদ ভক্ষণ করিলে ফস্‌ফেট

প্রাণিদেহে প্রবেশ করে এবং মস্তিষ্কে, স্নায়ুতে, ডিমের কুসুমে (yolk), পেশীতে ও অস্থিতে (lecithin) জমা থাকে। একটি সাধারণ মানবদেহের অস্থিতে প্রায় 1400 গ্রাম (প্রায় 58%) ফস্‌ফরাস্‌ যৌগিক অবস্থায় থাকে। প্রাণী মলমূত্রের সঙ্গে কিছু ফস্‌ফেট প্রত্যহ পরিত্যাগ করে। মলমূত্র বা প্রাণিদেহ বা উদ্ভিদদেহ পচিলে ফস্‌ফেট মাটির সহিত মিশিয়া যায়। ইহাকে **ফসফরাস-চক্র** বলে।

খনিজ → মাটি → উদ্ভিদ → প্রাণী → মাটি

৫২। **ফস্‌ফরাস্‌-প্রস্তুতি (Preparation of Phosphorus) ঃ** 1674 খ্রীস্টাব্দে জার্মান কিমিয়ারিদ (Alchemist) ব্রাণ্ড (Brand) মূত্রের সহিত বালি ও কয়লা মিশাইয়া মিশ্রণকে পাতিত করিয়া ফস্‌ফরাস্‌ আবিষ্কার করেন। এই মৌল অন্ধকারে স্বতঃই এক প্রকার প্রভা বিকীর্ণ করে। তিনি ফস্‌ফরাসের এই অনুপ্রভা গুণের ম্যাজিক দেখাইয়া ও ফস্‌ফরাস প্রস্তুতের রহস্য বিক্রয় করিয়া বেশ দু' পয়সা রোজগার করেন। 1771 খ্রীস্টাব্দে শীলে (Scheele) অস্থিচূর্ণ হইতে ফসফরাস উৎপাদনের পদ্ধতি আবিষ্কার করেন। ল্যাভয়সিয়ার প্রমাণ করেন যে ফসফরাস একটি মৌল।

শ্বেত (White) ফস্‌ফরাস্‌ প্রস্তুতি ঃ নীতি ঃ ইহা দুই ধাপে নিষ্পন্ন করা হয়। প্রথম ধাপে অস্থি হইতে অস্থিভস্ম (Bone-ash) প্রস্তুত করা হয়। দ্বিতীয় ধাপে অস্থিভস্ম হইতে ফস্‌ফরাস্‌ উৎপন্ন করা হয়।

(ক) **অস্থিভস্ম প্রস্তুতি ঃ** (i) অস্থিতে ক্যাল্‌সিয়াম ফস্‌ফেট (58%) এবং চর্বিজাতীয় পদার্থ ও জিলাটিন থাকে। (ii) প্রথমে অস্থিকে চূর্ণ করিয়া জলে দ্রাবিত (lixiviate) করিলে চর্বিজাতীয় পদার্থ নিষ্কাশিত হয়। (iii) নিচর্বি (degreased) অস্থিচূর্ণকে অতিতপ্ত স্টীমের ভিতরে সিদ্ধ (digest) করিলে জিলাটিন বা আঠা-জাতীয় পদার্থ দূরীভূত হয়। (iv) অতঃপর এই অস্থিচূর্ণকে বায়ুহীন পাত্রে লৌহ-নির্মিত বকযন্ত্রে তাপে অন্তর্ধূমপাতন করিলে তরল ও বায়বীয় দ্রব পাতিত হয় এবং অস্থি-কয়লা (Bone-charcoal) পড়িয়া থাকে। পাতিত তরল পদার্থ হইতে Dippel's তৈল প্রস্তুত হয়। (v) অস্থিকয়লাকে কিংবা টাটকা (raw) অস্থিকে বা নিচর্বি অস্থিকে বায়ুতে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে অস্থিভস্ম পাওয়া যায়। ইহাতে 80% ক্যাল্‌সিয়াম ফস্‌ফেট থাকে।

(খ) **অস্থিভস্ম হইতে ফস্‌ফরাস্ প্রস্তুতি : পুরাতন বকযন্ত্র পদ্ধতি :** অস্থিভস্মকে সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিডের সহিত ক্রিয়া করাইলে ফস্‌ফরিক অ্যাসিড পাওয়া যায় ; $Ca_3(PO_4)_2+3H_2SO_4=3CaSO_4+2H_3PO_4$.

ইহাকে ছাঁকিয়া লইলে পরিস্রুতে ফস্‌ফরিক অ্যাসিডের দ্রবণ পাওয়া যায়।

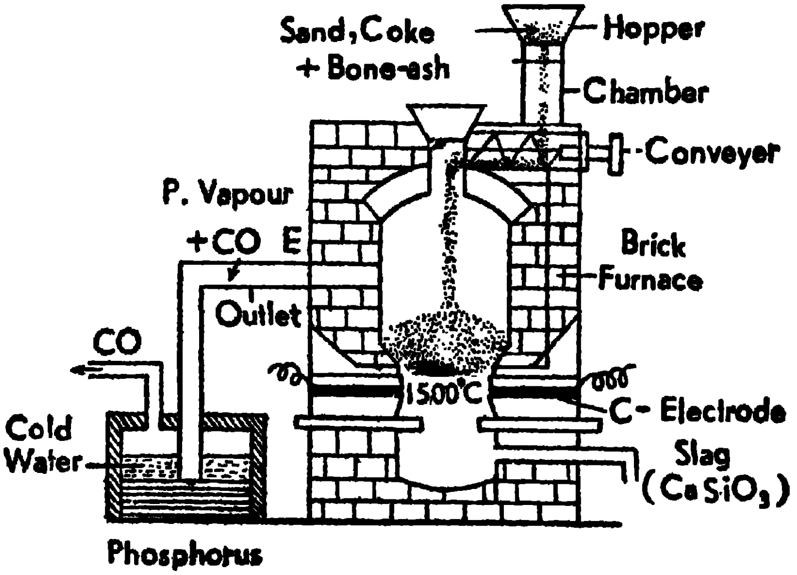
অ্যাসিডকে কয়লার গুঁড়ার (charcoal) সহিত ঢালাই লোহার পাত্রে মিশাইয়া তাপে সাবধানে শুষ্ক করা হয়। প্রথমে মেটাফস্‌ফরিক অ্যাসিড পাওয়া যায় ; $H_3PO_4=HPO_3+H_2O$.

(iv) এইবার মেটাফস্‌ফরিক অ্যাসিড ও কয়লার মিশ্রণকে লোহিত তপ্ত করিলে মেটাফস্‌ফরিক অ্যাসিড কয়লা দ্বারা বিজারিত হয় ;

$$4HPO_3+12C=12CO+2H_2+P_4.$$

ক্রিয়াজাত পদার্থ তিনটি, যথা H_2, CO ও ফস্‌ফরাস গ্যাসীয় অবস্থায় নির্গত হয়। ফস্‌ফরাস জলের মধ্যে ঘনীভূত হয়, কারণ বায়ুতে ইহা অক্সিজেন দ্বারা স্বতঃই জারিত হয়। H_2 ও CO জলে অদ্রাব্য গ্যাস। সেইজন্য ইহারা জলের ভিতর দিয়া বাহির হইয়া যায়।

আধুনিক তড়িৎ পদ্ধতি : (Modern Electrical Process) :



২৫ নং চিত্র—আধুনিক তড়িৎ-পদ্ধতিতে ফসফরাস উৎপাদন

নীতি : (i) অস্থিভস্মের ক্যাল্‌সিয়াম ফস্‌ফেটকে বালির (সিলিকা SiO_2)

---

* PO_4-এর যোজ্যতা 3 এবং ক্যালসিয়ামের যোজ্যতা 2 সুতরাং ক্যালসিয়াম ফসফেটের সংকেত $Ca_3(PO_4)_2$

সঙ্গে উচ্চ উষ্ণতায় (1200°—1500°C) উত্তপ্ত করিলে ক্যাল্‌সিয়াম সিলিকেট ও ফস্‌ফরাস্ পেণ্টোক্সাইড উৎপন্ন হয়, কারণ ফস্‌ফরাস্ পেণ্টোক্সাইড অপেক্ষা সিলিকা বা সিলিকন ডাইঅক্সাইড অধিক আম্লিক অক্সাইড হইলেও কম উদ্বায়ী ; $Ca_3(PO_4)_2+3SiO_2=3CaSiO_3+P_2O_5$.

(ii) ফস্‌ফরাস্ পেণ্টোক্সাইডকে কারবন দ্বারা বিজারিত করা হইলে ফস্‌ফরাস্ পাওয়া যায় ; $2P_2O_5+10C=10CO+P_4$.

এই পদ্ধতি দ্বারা অস্থিভস্ম ব্যতীত খনিজ ফস্‌ফেট হইতেও ফস্‌ফরাস্ পাওয়া যায়।

পদ্ধতি ঃ (i) A চোঙ্গ (hopper) দিয়া বালি, কোক-কয়লা ও অস্থিভস্ম বা ফস্‌ফেটিক খনিজ প্রস্তরের মিশ্রণকে একটি অপ্রশস্ত প্রকোষ্ঠে (chamber) ফেলা হয়। তথা হইতে একটি স্ক্রু-চালক (screw conveyer) দ্বারা মিশ্রণকে অগ্নিসহ ইষ্টকনির্মিত বদ্ধ চুল্লীতে (fire proof brick furnace) ফেলা হয়। চুল্লীতে বায়ুপ্রবেশ বন্ধের জন্য স্ক্রু-চালকের দরকার হয়।

(i) চুল্লীর নিম্নদেশে সামান্য দূরে দূরে একই অনুভূমিকতলে স্থাপিত দুইটি মোটা কারবন তড়িৎ-দ্বারের (C-electrode) মধ্য দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ পাঠাইলে মিশ্রণের মধ্যে একটি তড়িৎ শিখার (electric arc) সৃষ্টি হয়। তড়িৎ-শিখায় মিশ্রণ তীব্রভাবে (1500°C) উত্তপ্ত হয় এবং ক্যালসিয়াম সিলিকেট ও ফস্‌ফরাস পেণ্টোক্সাইড উৎপন্ন হয়। ফস্‌ফরাস পেণ্টোক্সাইড কারবন দ্বারা বিজারিত হইয়া ফস্‌ফরাস ও কারবন মনোক্সাইড উৎপন্ন করে। এই তাপে ফস্‌ফরাস বাষ্পীভূত হয়। কারবন মনোক্সাইড গ্যাস ও ফস্‌ফরাস বহির্নল দিয়া বাহির হইয়া শীতল জলের মধ্যে যায়। ফস্‌ফরাস কঠিন হইয়া জলের নীচে ঘনীভূত হয় এবং কারবন মনোক্সাইড জলে অদ্রাব্য বলিয়া গ্যাসরূপে বাহির হইয়া যায়।

রাসায়নিক ক্রিয়ায় উৎপন্ন ক্যালসিয়াম সিলিকেট তড়িৎ-শিখার উষ্ণতায় গলিয়া যায় এবং অন্যান্য অশুদ্ধির সহিত একটি ধাতুমল (slag) সৃষ্টি করে। গলিত ধাতুমল সরু নির্গমপথে নিষ্ক্রান্ত হয়।

দ্রষ্টব্য ঃ (ক) এই ক্রিয়ায় তড়িৎ-প্রবাহ উচ্চ উষ্ণতা সৃষ্টি করে। ক্যাল্‌সিয়াম ফস্‌ফেটকে তড়িৎ বিশ্লেষিত (electrolyse) করে না।

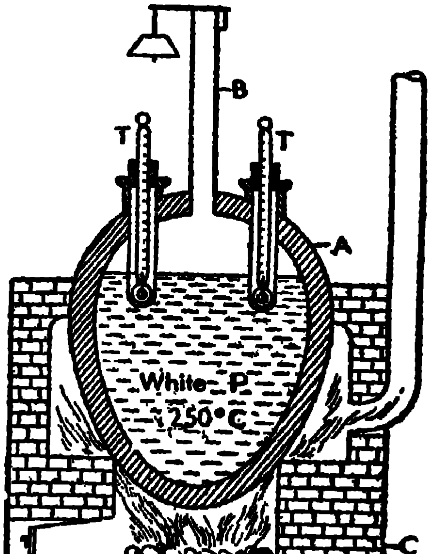
(খ) ভারতে প্রচুর ক্যাল্‌সিয়াম ফস্‌ফেট পাওয়া যায় কিন্তু সস্তা তড়িৎ শক্তির অভাবে ফস্‌ফরাস নিষ্কাশিত হয়।

ফস্ফরাসের বিশুদ্ধীকরণ ঃ *(i)* উপরোক্ত উপায়ে প্রাপ্ত ফস্ফরাসে কারবন ও অন্যান্য অশুদ্ধি থাকে। ইহাকে গরম জলের নীচে গলাইয়া পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ($K_2Cr_2O_7$) ও সাল্ফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবণ দ্বারা গরম করা হয়। ডাইক্রোমেট ও H_2SO_4-এর ক্রিয়ায় ক্রোমিক অ্যাসিড (H_2CrO_4) উৎপন্ন হয়। এই অ্যাসিড অশুদ্ধিগুলিকে জারিত করে। পরে এই গলিত ফস্ফরাসকে শ্যাময় চামড়ার (chamois leather) সাহায্যে চাপ দিয়া ফিল্টার করিয়া ছোট ছোট যষ্টির (sticks) আকারে ঢালাই করা হয়। ইহাকে বায়ুতে স্বতঃজারণ হইতে রক্ষা করিবার জন্য জলের নীচে রাখা হয়। এই বিশুদ্ধিকরণ পদ্ধতি পরীক্ষাগারেই সম্ভব। কারণ ইহাতে বেশী খরচ পড়ে।

৫৩। ফসফরাসের বহুরূপতা (Allotropic Forms) : উপরোক্ত যে-কোন প্রকারে প্রস্তুত ফস্ফরাসকে **শ্বেত** (white) ফস্ফরাস বলে কিন্তু ফস্ফরাস একটি বহুরূপী মৌল। ফস্ফরাসের একাধিক রূপ আছে, তন্মধ্যে শ্বেত ও লোহিত (Red) ফস্ফরাস বিশেষ উল্লেখযোগ্য। ইহাদের মধ্যে ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের অনেক পার্থক্য আছে যদি উভয়ের পারমাণবিক ওজন 31।

৫৪। লোহিত ফসফরাসের প্রস্তুতি (Preparation of Red Phosphorus)

পরীক্ষাগার প্রণালী ঃ (i) শ্বেত ফস্ফরাসকে বায়ুতে রাখিলে কিংবা (ii) ইহার মধ্য দিয়া ধীরে ধীরে তড়িৎ-মোক্ষণ করিলে কিংবা (iii) একটি বদ্ধ লৌহ পাত্রে কারবন ডাই-অক্সাইড বা নাইট্রোজেনের পরিবেশে 250° সেঃ উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে লোহিত ফস্ফরাস পাওয়া যায়।



২৬নং চিত্র—শ্বেত ফসফরাস হইতে লোহিত ফসফরাসের পণ্য-উৎপাদন

পণ্য-উৎপাদন ঃ শ্বেত ফস্ফরাসকে বায়ুনিরুদ্ধ ঢাকনাযুক্ত ঢালাই লোহার A পাত্রে আয়োডিন অনুঘটকের সংস্পর্শে সমভাবেই 240°—250°

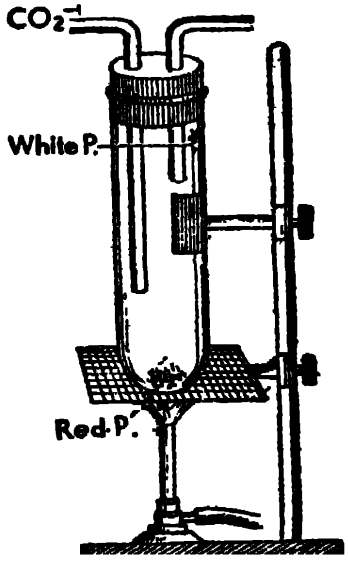
সেঃ উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয় (২৬নং চিত্র)। পাত্রের মধ্যে গ্যাসের চাপ এক বায়ুমণ্ডলের চাপের অধিক হইলে কিছু গ্যাস দুই মুখ-খোলা B নল দিয়া বাহির হইয়া যায়। এই ক্রিয়ায় তাপ উদ্ভূত হয় এবং 250°C-এর অধিক উষ্ণতায় এই ক্রিয়া বিপরীতমুখী হয়।

$$\text{P (শ্বেত)} \xrightarrow[250°\text{C}]{\text{তাপ}} \text{P (লোহিত)} + 4{\cdot}22 \text{ কিঃ ক্যালারি।}$$

এই ক্রিয়ায় যাহাতে উষ্ণতা 250°Cএর অধিক না উঠে, সেইজন্য দুইটি থার্মোমিটার T দ্বারা উষ্ণতা দেখা হয়। থার্মোমিটারকে লোহার নলের মধ্যে রাখা হয়, কারণ ফস্‌ফরাস-বাষ্প কাচের সঙ্গে ক্রিয়া করে। উত্তাপ দিলে পাত্রের মধ্যস্থিত বায়ুর অক্সিজেনের দ্বারা সামান্য শ্বেত ফসফরাস জারিত হয়। সামান্য শ্বেত ফসফরাস অপরিবর্তিত থাকে। মিশ্রণকে জলের নীচে চূর্ণ করিয়া কস্টিক সোডা দ্রবণের সঙ্গে ফুটাইতে হয়। এই ক্রিয়ার ফলে শুধু অপরিবর্তিত শ্বেত ফস্‌ফরাস ফস্‌ফাইন (PH_3) ও সোডিয়াম হাইপো ফস্‌ফাইটে (NaH_2PO_2) পরিণত হইয়া অপসারিত হয়। লোহিত ফস্‌ফরাস্ অবিকৃত থাকে। লোহিত ফস্‌ফরাসকে পরিশ্রুত করিয়া জলে ধুইয়া বায়ুতে শুকাইতে হয়। ইহা বায়ুতে জারিত হয় না। সুতরাং ইহাকে জলের নীচে রাখা প্রয়োজন হয় না।

লোহিত ফস্‌ফরাসকে উত্তপ্ত করিলে ইহা পুনরায় শ্বেত ফস্‌ফরাসে পরিণত হয়।

পরীক্ষা ঃ মোটা পরীক্ষা-নলে লোহিত ফস্‌ফরাস লও। রবারের ছিপির মধ্য দিয়া প্রবিষ্ট সরু নল দিয়া নিষ্ক্রিয় শুষ্ক CO_2 গ্যাস পরীক্ষা-নলে ঢোকে এবং অপর নল দিয়া বাহির হয়। পরীক্ষা-নলকে 550°C উষ্ণতার ঊর্ধ্বে উত্তপ্ত কর। পরীক্ষা-নলের শীতল উপরাংশে শ্বেত ফস্‌ফরাস জমা হয়। $\text{P (লোহিত)} \xrightarrow{550°\text{C}} \text{P (শ্বেত)}$।



২৭ নং চিত্র—লোহিত ফসফরাস হইতে শ্বেত ফসফরাসের উৎপাদন।

৫৫। ফসফরাসের ধর্ম ঃ শ্বেত ফস্‌ফরাসের ধর্ম ঃ ভৌত ধর্ম ঃ
(i) শ্বেত ফস্‌ফরাস প্রায় সাদা স্ফটিকাকার ঈষদচ্ছ পদার্থ। ইহার গলনাঙ্ক

44°C এবং স্ফুটনাঙ্ক 288°C। ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·81. ইহাকে আলোয় ধরিলে হলদে দেখায়।

(ii) শ্বেত ফস্‌ফরাস মোমের মত নরম এবং জলের নীচে ছুরি দিয়া কাটা যায়। 5·5°C উষ্ণতার নীচে ইহা ভঙ্গুর (brittle) হয়।

(iii) শ্বেত ফসফরাস জলে প্রায় অদ্রাব্য কিন্তু ইহা বেন্‌জিন, কারবন ডাইসাল্‌ফাইড, ইথার, টার্পেনটাইনে দ্রবীভূত হয়। কারবন ডাইসাল্‌ফাইড দ্রবণকে বাষ্পীভূত করিলে ফসফরাসের স্ফটিক পাওয়া যায়।

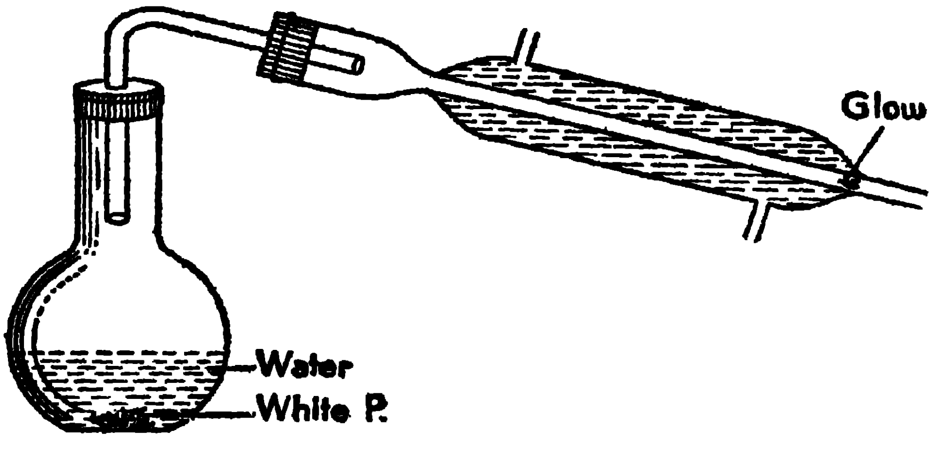
(iv) কম উষ্ণতায় ফসফরাসের সংকেত P_4 হয় কিন্তু অধিক উষ্ণতায় ইহা বিয়োজিত হয় এবং পরমাণুতে পরিণত হয় : $P_4 \rightleftharpoons 2P_2 \rightleftharpoons 4P$.

(ক) ইহা খুব বিষাক্ত পদার্থ। মাত্র 0·15 গ্রাম খাইলে মৃত্যু ঘটিতে পারে। সেইজন্য ইহা খুব সাবধানে নাড়াচাড়া করা উচিত। ইহাকে চিমটা দিয়া ধরিতে হয়। ইহা দাঁতের মাড়ির রোগ সৃষ্টি করে।

(v) ইহা স্টীমের সঙ্গে বাষ্পীভূত হয়।

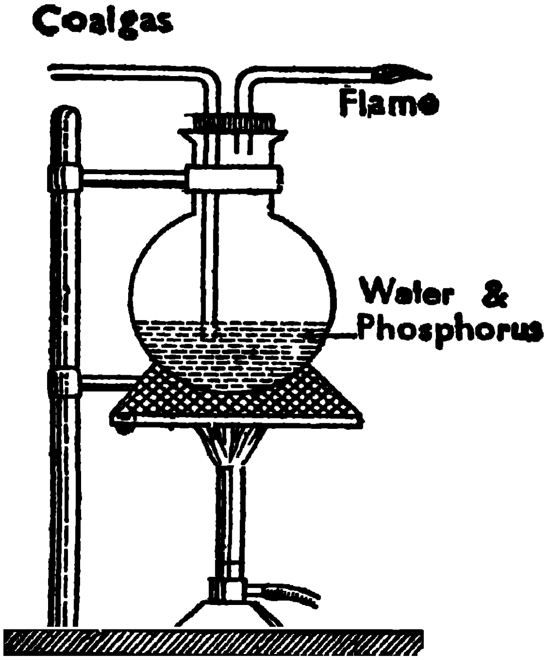
রাসায়নিক ধর্ম : শ্বেত ফসফরাস খুব ক্রিয়াশীল পদার্থ। নিম্নে এই ধর্মের কয়েকটি উদাহরণ দেওয়া গেল।

(i) **ইহার অক্সিজেনের উপর প্রবল (affinity) আসক্তি আছে।** সাধারণ উষ্ণতায় ইহা স্বতঃই বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা ধীরে ধীরে জারিত হইয়া ফস্‌ফরাসের বিভিন্ন অক্সাইডের (প্রধানতঃ P_2O_5-এর) ধোঁয়া উৎপন্ন করে এবং সঙ্গে সঙ্গে সবুজ শিখা বিকীর্ণ হয়। কিন্তু শিখায় কোন তাপ থাকে না। ইহাকে ঠাণ্ডা আলো (cold light) বলে। এই ঘটনাকে **অনুপ্রভা** (phosphoresence বা glow) বলে। অনুপ্রভার নিম্নলিখিত প্রধান বৈশিষ্ট্য আছে :—(১) অতি



২৮ নং চিত্র—ফসফরাসের অনুপ্রভা

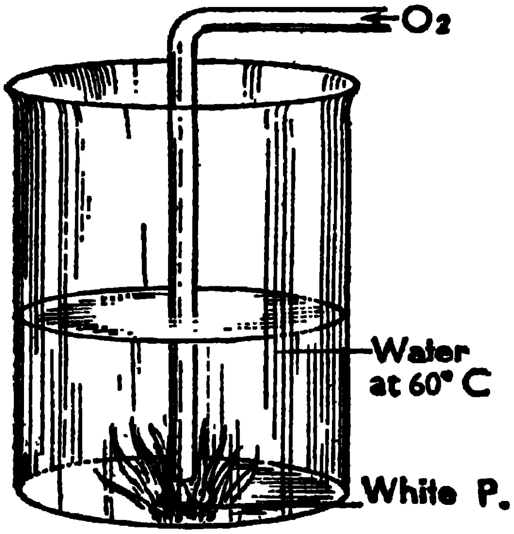
সামান্য পরিমাণ ফস্‌ফরাস অন্য পদার্থের সহিত মিশ্রিত থাকিলে অনুপ্রভা ঘটে। পাঁচলক্ষ ভাগ জলে মাত্র একভাগ ফস্‌ফরাস থাকিলে অনুপ্রভা ঘটে। (২) শুষ্ক অক্সিজেনে ফস্‌ফরাসের অনুপ্রভা ঘটে না। (৩) বায়ুর চাপ কমিলে অনুপ্রভার উজ্জ্বলতা বাড়ে। (৪) তার্পিন তৈল, ইথার, কারবন ডাইসাঁল্‌ফাইড, কর্পূর প্রভৃতির বাষ্প অনুপ্রভা নিবারিত করে। অনেকের মতে ফস্‌ফরাসের স্বতঃজারণের সময় ওজোন (ozone O_3) উৎপন্ন হয়। কারণ যে সব দ্রব্য ওজোন শোষণ করে তারাই অনুপ্রভা নিবারিত করে।



২৯ নং চিত্র—ঠাণ্ডা আলোর উৎপত্তি

ফস্‌ফরাস স্বতঃই জ্বালিয়া উঠে বলিয়া ইহার এই নাম (phos-light phero—I bear)।

অনুপ্রভার পরীক্ষা : (ক) অন্ধকার ঘরে একটি কাচের ফ্লাস্কে কিছু জল লইয়া তাহাতে কয়েক টুকরা শ্বেত ফস্‌ফরাস ছাড়িয়া দাও। ফ্লাস্কের মুখে কর্ক লাগাইয়া তাহার মধ্য দিয়া একটি বাঁকানো নির্গমনল লাগাও। নির্গমনলকে একটি লিবিক শীতকের (Liebig's condenser) সঙ্গে যোগ কর। শীতকের বাহিরের নলের ভিতর দিয়া শীতল জল প্রবাহিত করাও। ফ্লাস্কের জলকে ফোটাও। স্টীমের সঙ্গে ফস্‌ফরাস বাষ্প বাহির হয়। ইহাদের বাষ্প শীতকের মধ্যে যেখানে ঘনীভূত হয় সেইখানে ফস্‌ফরাসের নীলাভ অনুপ্রভা (glow) দেখা যায়।



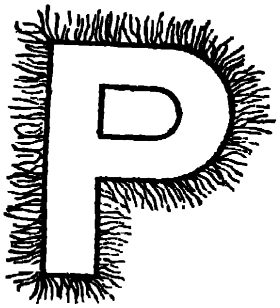
৩০ নং চিত্র—জলের নীচে ফসফরাসের অনুপ্রভা

(খ) অন্ধকার ঘরে একটি কাচের ফ্লাস্কে জলের নীচে কয়েক টুকরা শ্বেত

ফস্‌ফরাস রাখ। ইহাদিগকে কাচের উল (glass wool) দিয়া ঢাকিয়া দাও ; ফ্লাস্কের মুখে কর্ক লাগাইয়া কর্কের মধ্য দিয়া দুইটি কাচের নল অতিক্রম করাও। দীর্ঘ সরু নল দিয়া নিষ্ক্রিয় কোলগ্যাস অতিক্রম করাইয়া বায়ু অপসারিত কর। জলকে ফুটাইতে থাক। ফস্‌ফরাসের বাষ্প স্টীমের সহিত নির্গম-নল দিয়া ফ্লাস্ক হইতে বাহির হইয়াই বায়ুর সংস্পর্শে আসে এবং সবুজ শিখার সহিত জ্বলিতে থাকে। এই শিখা এত শীতল যে ইহাতে হাত পোড়ে না। পাতলা কাগজ এমন কি দিয়াশলাইয়ের কাঠি পর্যন্ত পোড়ে না। (২৯ নং চিত্র)

(গ) জলের নীচে আগুন : (i) একটি বীকারে গরম জলের (60°C) নীচে কিছু শ্বেত ফস্‌ফরাস লও। অক্সিজেনের চোঙ্ (Oxygen cylinder) হইতে নল দিয়া গলিত ফস্‌ফরাসের উপর অক্সিজেন গ্যাস প্রবাহিত কর। ফস্‌ফরাস জলের নীচেই জ্বলিতে থাকে। (৩০নং চিত্র)

(ঘ) আগুনের অক্ষর : কারবন ডাইসাল্‌ফাইডে সামান্য শ্বেত ফস্‌ফরাস্ দ্রবীভূত কর। এই দ্রবণে তুলা-জড়ানো কাঠি ডুবাইয়া দ্রবণ দিয়া কাগজের উপর P অক্ষর লিখিয়া রাখ। অল্পক্ষণ পরেই কারবন-ডাইসাল্‌ফাইড উপিয়া যাইলে অবশিষ্ট ফস্‌ফরাসে আগুন ধরিয়া উঠে।


৩১নং চিত্র—
ফসফরাসের স্বতঃজারণ

এই দুই পরীক্ষা ফসফরাসের অভীক্ষণ হিসাবে কার্য করে।

শ্বেত ফস্‌ফরাসকে বায়ুতে 30°C-এর উপর উত্তপ্ত করিলে ফস্‌ফরাসে আগুন ধরিয়া যায় এবং সাদা শিখার সহিত জ্বলিতে থাকে। ফস্‌ফরাস পেণ্টোক্সাইডের ধোঁয়া বাহির হয়।

$$4P+5O_2=2P_2O_5.$$

(ii) শ্বেত ফস্‌ফরাস সাধারণ উষ্ণতাতে হ্যালোজেন (ক্লোরিন, ক্লোরিন, ব্রোমিন, আয়োডিনকে হ্যালোজেন বলে) সাল্‌ফার ও Na, K বা Ca ধাতুর সহিত সাক্ষাৎভাবে যুক্ত হইয়া যথাক্রমে হ্যালাইড, সাল্‌ফাইড অথবা ফস্‌ফাইড উৎপন্ন করে। এইরূপ ক্রিয়ায় প্রায়ই আলোক ও তাপ উদ্ভূত হয়।

$2P+5X_2=2PX_5$; $2P+3X_2=2PX_3$(X = হ্যালোজেন) ; $3Na+P=Na_3P$. $2P+5S=P_2S_5$; $4P+7S=P_4S_7$; $3Ca+2P=Ca_3P_2$

(iii) কস্টিক সোডা, কস্টিক পটাস দ্রবণের সহিত ফস্‌ফরাস উত্তপ্ত করিলে ফস্‌ফাইন (PH_3) ও হাইপোফস্‌ফাইট উৎপন্ন হয়।

$$4P+3NaOH+3H_2O=PH_3+3NaH_2PO_2.$$

(iv) শ্বেত ফস্‌ফরাস বিজারক হিসাবে ক্রিয়া করে। গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ও শ্বেত ফস্‌ফরাস একত্রে ফুটাইলে নাইট্রিক অ্যাসিড বিজারিত হইয়া নাইট্রোজেনের অক্সাইডে এবং ফসফরাস জারিত হইয়া ফস্‌ফরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

$$4P+10HNO_3+H_2O=4H_3PO_4+5NO+5NO_2.$$

কপার ও সিল্‌ভার লবণের দ্রবণে শ্বেত ফস্‌ফরাস দিলে ঐ সমস্ত লবণ বিজারিত হইয়া ধাতু অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$8CuSO_4+4P+14H_2O=8Cu+2H_3PO_3+8H_2SO_4+2H_3PO_4.$$

৫৬। **লোহিত ফসফরাসের ধর্ম ঃ ভৌত ধর্ম ঃ** লোহিত ফস্‌ফরাস শ্বেত ফস্‌ফরাস অপেক্ষা ভারী। ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 2·2। ইহা গন্ধহীন লাল বর্ণের স্ফটিকাকার কঠিন পদার্থ। ইহার কোন স্বাদ নাই বা ইহা তত বিষাক্ত নয়। ইহার কোন নির্দিষ্ট গলনাঙ্ক নাই, তবে 590°C-এর উপর ইহা নরম হইতে থাকে। ইহা জলে ও কারবন-ডাইসালফাইডে অদ্রাব্য।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ শ্বেত ফস্‌ফরাস অপেক্ষা লোহিত ফস্‌ফরাস কম ক্রিয়াশীল। ইহা বায়ুতে সাধারণ উষ্ণতায় জারিত হয় না। সেইজন্য ইহাকে জলের নীচে রাখার প্রয়োজনও করে না। ইহা 250°C উষ্ণতায় অক্সিজেনে বা বায়ুতে জ্বলিয়া উঠে এবং P_2O_5 উৎপন্ন হয়। ইহাকে উত্তপ্ত না করিলে সাল্‌ফার বা হ্যালোজেনের সহিত ক্রিয়া করে না। গাঢ় কস্টিক সোডাদ্রবণে ইহার কোন পরিবর্তন হয় না। গাঢ় HNO_3-এর সহিত লোহিত ফস্‌ফরাস ফসফরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। শ্বেত ফসফরাসের সহিত এই ক্রিয়াও ঘটে তবে ইহাতে বিস্ফোরণের আশঙ্কা থাকে।

৫৭। **শ্বেত ও লোহিত ফসফরাসের তুলনা ঃ**

ধর্ম	**শ্বেত P**	**লোহিত P**
১। বর্ণ	প্রায় বর্ণহীন স্ফটিকাকার	বেগুনী লাল, অনিয়তাকার

	ধর্ম	শ্বেত P	লোহিত P
২।	গন্ধ	কাঁচা রশুনের গন্ধ	গন্ধহীন ও স্বাদহীন
	ঘনাঙ্ক	1·83 মোমের মত নরম	2·2 শক্ত
৪।	গলনাঙ্ক	44°C	500°—600°C
৫।	স্ফুটনাঙ্ক (boiling P.)	280°C	725°C
৬।	জলনাঙ্ক (Ignition temp.)	30°C	260°C
৭।	জলের ক্রিয়া	অদ্রাব্য	অদ্রাব্য
৮।	CS_2,CCl_4, কোহল-এর ক্রিয়া	দ্রাব্য	অদ্রাব্য
৯।	বায়ুর ক্রিয়া	স্বতঃজারণ ও অনুপ্রভা	জারণ বা অনুপ্রভাহীন
১০।	উষ্ণ NaOH	দ্রবীভূত হয় ও PH_3 উৎপন্ন হয়।	ক্রিয়াহীন।
১১।	Cl_2 গ্যাস	স্বতঃই জ্বলিয়া উঠে	উত্তপ্ত হইলে জ্বলিয়া উঠে।
১২।	বিষক্রিয়া	বিষাক্ত	নির্দোষ
১৩।	ক্রিয়াশীলতা	দুঃস্থিত, বেশী ক্রিয়াশীল ;	সুস্থিত, কম ক্রিয়াশীল।

৫৮। **ব্যবহার :** (i) শ্বেত ফস্‌ফরাস হইতে লোহিত ফস্‌ফরাস, P_2O_5, ফস্‌ফরাস ব্রঞ্জ, ক্যালসিয়াম হাইপোফসফাইট প্রস্তুত হয়। ii) শ্বেত ফসফরাস বুলেট, অগ্নিপ্রজ্বলক বোমা (incendiary bomb), ধোঁয়ার পর্দা (smoke screen) প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়। (iii) লোহিত ফস্‌ফরাস দিয়াশালাই প্রস্তুতে এবং HI ও HBr প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়।

৫৯। **নাইট্রোজেন ও ফসফরাসের তুলনা :** বিভিন্ন মৌলের ওজনে ও ধর্মে পার্থক্য থাকা স্বত্বেও কতকগুলি মৌলের মধ্যে ধর্ম ও স্বভাবে অনেক সাদৃশ্য দেখা যায়। সমস্ত মৌলিক পদার্থকে পারমাণবিক ওজনের ক্রমানুসারে এমন ভাবে সাজানো যায় যে, সমগুণসম্পন্ন এইরূপ মৌলগুলি একই শ্রেণীর

(group) অন্তর্ভুক্ত হয়। ইহাকে **পর্যায় সারণী** (Periodic Table) বলে। নাইট্রোজন ও ফস্‌ফরাস পঞ্চম শ্রেণীর অন্তর্ভুক্ত অর্থাৎ ইহারা রাসায়নিক অনুরূপ বা সগোত্র (Chemical analogue)। ইহাদের একই পরিবারের সভ্যরূপে শ্রেণীভুক্ত করা হয়। ইহাদের ধর্মের কিছু সাদৃশ্য, কিছু বৈসাদৃশ্য আছে। নিম্নে ইহা উল্লিখিত হইল।

সাদৃশ্য ঃ

১। ইহারা উভয়েই অধাতু।

২। ইহারা উভয়েই একাধিক রূপে থাকিতে পারে। একটি রূপ নিষ্ক্রিয়, অপরটি সক্রিয়।

৩। ইহারা উভয়েই বহুযোজী। ইহাদের সাধারণ যোজ্যতা তিন ও পাঁচ। যথা PH_3, NH_3 ; PH_4Cl, NH_4Cl.

৪। ইহারা উভয়েই অক্সাইড, অক্সি-অ্যাসিড, হাইড্রাইড, ক্লোরাইড গঠন করে। মুখ্য হাইড্রাইড অ্যামোনিয়া NH_3 ও ফস্‌ফাইন PH_3 উভয়ে গ্যাস। কতকটা সমধর্মী অক্সাইডগুলি জলে দ্রবীভূত হইয়া অ্যাসিড গঠন করে।

$$N_2O_3+H_2O=2HNO_2 \; ; \; 2P_2O_3+3H_2O+2H_3PO_3$$

$$N_2O_5+H_2O=2HNO_3 \; ; \; P_2O_5+3H_2O=2H_3PO_4$$

ক্লোরাইডগুলি জলে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয় ঃ

$$NCl_3+3H_2O=NH_3+3HClO; \; PCl_3+3H_2O=3HCl+H_3PO_3.$$

$$PCl_5+H4_2O=5HCl+H_3PO_4.$$

৫। ইহারা উভয়েই ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম প্রভৃতি ধাতুর সহিত নাইট্রাইড ও ফসফাইড যৌগ গঠন করে এবং যৌগগুলি আর্দ্র বিশ্লেষিত হয় ; $3Ca+N_2=Ca_3N_2$. $6Ca+P_4=2Ca_3P_2$. $Ca_3N_2+6H_2O=3Ca(OH)_2+2NH_3$; $Ca_3P_2+6H_2O=3Ca(OH)_2+2PH_3$.

বিসাদৃশ্য ঃ

নাইট্রোজেন	ফস্‌ফরাস
১। প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায়।	১। প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না।
২। সাধারণ উষ্ণতায় গ্যাস।	২। সাধারণ উষ্ণতায় কঠিন।
পারমাণবিক ওজন 14	পারমাণবিক ওজন 31

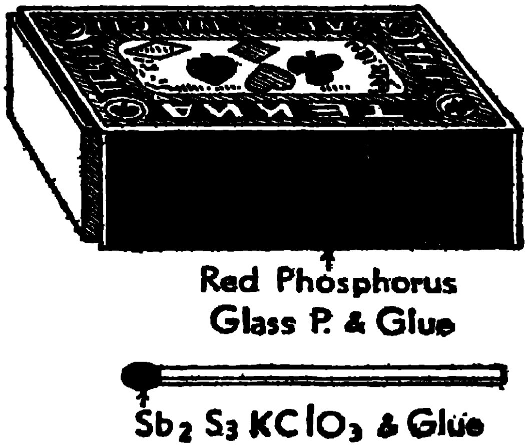
নাইট্রোজেন	ফস্ফরাস
৩। অণুতে দুইটি পরমাণু থাকে।	৩। অণুতে চারিটি পরমাণু থাকে।
৪। সাধারণ ও সক্রিয় N_2 আছে।	৪। লাল, কাল, সাদা P আছে।
৫। প্রায় নিষ্ক্রিয়।	৫। ব সক্রিয়।
৬। O_2র সঙ্গে 1000°Cএর নীচে যুক্ত হয় না।	৬। O_2র সঙ্গে সাধারণ উষ্ণতায় যুক্ত হয়।
৭। পাঁচটি সুস্থিত অক্সাইড N_2O, NO, N_2O_3, N_2O_4, N_2O_5.	৭। দুইটি সুস্থিত অক্সাইড, P_2O_3, P_2O_5.
৮। দুইটি অক্সাইড জলের সহিত যথাক্রমে HNO_2 ও HNO_3 অক্সি-অ্যাসিড গঠন করে।	৮। P-এর অনেক অক্সি-অ্যাসিড যথা HPO_3, H_3PO_3, H_3PO_4 গঠিত হয়।
৯। হাইড্রাইড NH_3 (ক্ষারীয় গ্যাস), N_2H_4 (ক্ষারীয় তরল), N_3H (তীব্র অ্যাসিড) গঠন করে।	৯। হাইড্রাইড PH_3 (ক্ষীণ ক্ষারীয় গ্যাস), P_2H_4 (শমিত তরল), $P_{12}H_6$ (দুঃস্থিত কঠিন) গঠন করে।
১০। ক্লোরিনের সঙ্গে বিস্ফোরক ও দুঃস্থিত NCl_3 গঠন করে।	১০। ক্লোরিনের সঙ্গে সুসিত PCl_3 ও PCl_5 গঠন করে।

৬০। **অগ্নি-উৎপাদন ও দিয়াশলাই শিল্প :** (i) আমরা জানি কোন দুই দ্রব্যের ঘর্ষণে তাপ উৎপন্ন হয়। উক্ত দ্রব্যের সংস্পর্শে সহজ দাহ্য পদার্থ থাকিলে তাহাতে আগুন ধরে। ইহাই দিয়াশালাই প্রস্তুতের নীতি। চক্‌মকিতে পাথরের উপর ইস্পাতকে জোরে আঘাত করিয়া অগ্নি-স্ফুলিঙ্গ উৎপন্ন করিয়া শোলাতে বা নরম কষ্ঠে আগুন ধরানো যায়। (ii) 1805 খ্রীস্টাব্দে Chancel প্রথম পটাসিয়াম ক্লোরেট ($KClO_3$) ঘটিত দিয়াশলাই আবিষ্কার করেন। (iii) 1837 খ্রীস্টাব্দে ঘর্ষণ দিয়াশলাই আবিষ্কৃত হয়। ইহাতে কাঠির মাথায় এন্টিমণি সাল্‌ফাইড (Sb_2S_3), $KClO_3$ ও আঠার পুটুলি থাকিত। পুটুলিকে বালিযুক্ত কাগজে ঘর্ষণ করিলে আগুন জ্বলিত।

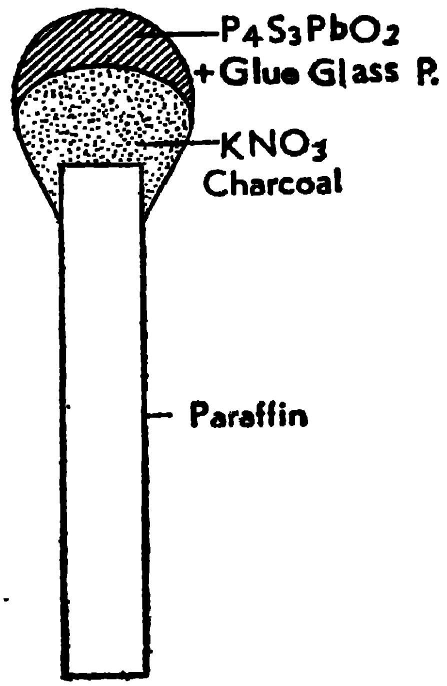
(v) **আধুনিক ঘর্ষণ দিয়াশলাই** (Friction বা Lucifer matches) : নরম কাঠের (যথা আম, সিমুল) সরু কাঠির একপ্রান্ত প্রথমে দাহ্য পদার্থ,

যথা গলিত মোম বা গন্ধক, তাহার উপর শ্বেত P, KNO_3 (বা অন্য জারক দ্রব্য, যথা PbO_2, $KClO_3$ বা MnO_2), কয়লা ও শিরিসের (glue) লেইতে (paste) ডুবাইয়া কাঠিকে শুকানো হয়। অসাবধানবশতঃ সামান্য ঘর্ষণে ইহা জ্বলিয়া উঠে। ইহাতে বিপদ ঘটে। উপরন্তু শ্বেত ফসফরাস খুব বিষাক্ত।

(vi) **নিরাপদ দিয়াশলাই** (**Safety Matches**) : ইহাতে কাঠির মাথা এন্টিমণি সাল্‌ফাইড, $KClO_3$, $K_2Cr_2O_7$, রেড্‌লেড্‌ ও শিরিষের লেইতে ডুবাইয়া শুকানো হয়। এই কাঠিকে দিয়াশলাইয়ের বাক্সের দুই ধারে লাগানো কাগজে ঘর্ষণ করিতে হয়। কাগজের উপর লোহিত P, কাচের গুঁড়া (বা বালি) এন্টিমণি সাল্‌ফাইড ও আঠার লেই লাগাইয়া কাগজ শুকানো হয়। ঘর্ষণ-তাপে জারক দ্বারা P জারিত হইয়া জ্বলিয়া উঠে। সেই আগুনে কাঠিও জ্বলিয়া উঠে। কাঠিতে একটু (borax $Na_2B_4O_7, 10H_2O$) দেওয়া হয়। ইহাতে কাঠির শিখা ফুঁ দিয়া নিভাইলেই কাঠি আর জ্বলে (after-glow) না। অর্থাৎ কাঠিতে আগুন থাকে না। ইহা বিশেষ ধরনের কাগজ ছাড়া অন্যত্র ঘর্ষণ করিলে জ্বলে না।



৩২নং চিত্র—নিরাপদ দিয়াশলাই



৩৩নং চিত্র—নিরাপদ ঘর্ষণ দিয়াশলাই

(vii) **নিরাপদ ঘর্ষণ দিয়াশলাই** : ইহাদিগকে যে-কোন জায়গায় ঘর্ষণ করিলে জ্বলে কিন্তু হঠাৎ ঘর্ষণে জ্বলিবার ভয় থাকে না। ইহাতে কাঠির মাথায় ঘোর লোহিত (scarlet) P বা P_4S_3 ও $KClO_3$ বা রেড্‌লেড্‌ ও শিরিষের কাচের গুঁড়া থাকে।

এই সমস্ত দীপশলাকাতে P_4S_3 বা Sb_2S_3 বিজারকের কাজ করে এবং $KClO_3$ বা PbO_2 জারকের কাজ করে (৩১ নং চিত্র)।

আধুনিক উন্নত প্রণালীতে পরিচালিত ভারতের বহু কারখানা ভারতের সমস্ত দিয়াশলাইয়ের চাহিদা মিটাইতেছে।

৬১। ফসফরাসের যৌগ (Compounds of Phosphorus)

(ক) **অক্সাইড:** ফসফরাস অক্সিজেনের সঙ্গে তিনটি অক্সাইড গঠন করে। যথা (i) ফসফরাস ট্রাইঅক্সাইড বা ফসফরাস অক্সাইড P_2O_3 বা P_4O_6 (ii) ফসফরাস পেণ্টঅক্সাইড বা ফসফরিক অক্সাইড P_2O_5 বা P_4O_{10} (iii) ফসফরাসের ট্রেটক্সাইড P_2O_4 বা P_8O_{16}. প্রথম দুইটি উল্লেখযোগ্য ও সচরাচর ব্যবহৃত হয়।

(খ) **অক্সি অ্যাসিড:** (i) ফসফরাস অ্যাসিড H_3PO_3 (ii) ফসফরিক অ্যাসিড তিন প্রকারের যথা অর্থো (ortho)—H_3PO_4, মেটা (meta) HPO_3, পাইরো (pyro)—$H_4P_2O_7$ (iii) হাইপোফসফরিক অ্যাসিড $H_4P_2O_6$ (iv) হাইপো ফসফরাস অ্যাসিড H_3PO_2. ইহাদের মধ্যে অর্থফসফরিক অ্যাসিড উল্লেখযোগ্য।

(গ) **হাইড্রাইড:** ফসফিন PH_3 ও ফসফরাস ডাইহাইড্রাইড P_2H_4.

(ঘ) **ক্লোরাইড:** ফসফরাস ট্রাইক্লোরাইড PCl_3 ও ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইড PCl_5.

৬২। ফসফরাস ট্রাই অক্সাইড বা ফসফরাস অক্সাইড:

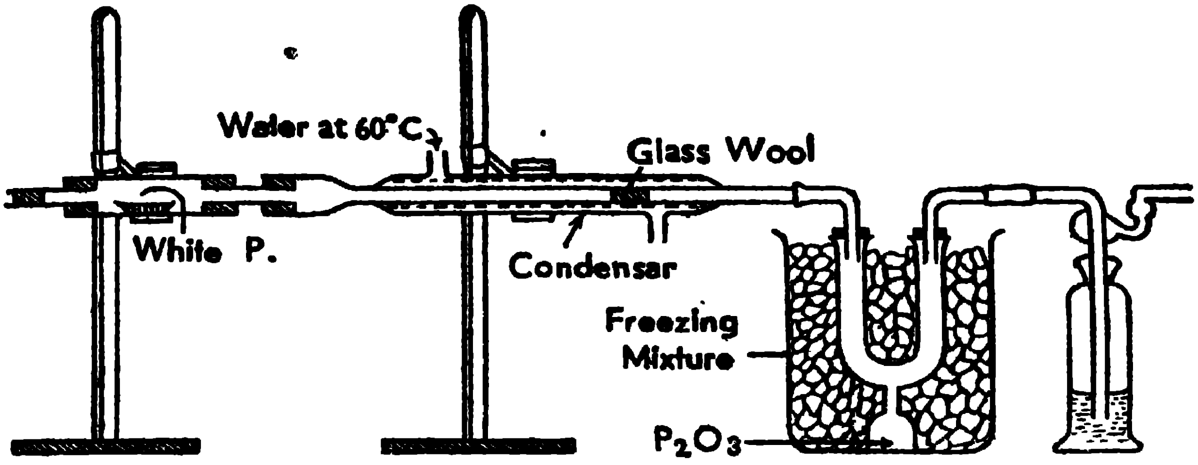
প্রস্তুত: নীতি: শ্বেত ফস্‌ফরাসকে অল্প বায়ুতে মৃদু উষ্ণ করিলে অধিক P_4O_6 ও সামান্য P_2O_5 উৎপন্ন হয়।

$$4P+3O_2=2P_2O_3\ ;\ 4P+5O_2=2P_2O_5.$$

নিম্নলিখিত উপায়ে P_2O_3 কে P_2O_5 হইতে পৃথক করা হয়।

পদ্ধতি: একটি শক্ত ছোট কাচনলে কয়েকখণ্ড শ্বেত ফসফরাস রাখ। কাচনলের বামমুখ তাপে গলাইয়াও টানিয়া একটু উচু করিয়া এরূপভাবে গঠিত করা হয় যে ফসফরাস জারণের সময় তাপে গলিলেও ইহা নলের মুখের বাহিরে আসিতে পারে না। কাচনলের অপর মুখ লিবিগ শীতকের (Condenser) ভিতরকার নলের সহিত যুক্ত থাকে। আবার শীতকের ভিতরকার নলের অপর প্রান্ত হিমমিশ্রে অবস্থিত একটি U-নলের সহিত যুক্ত থাকে। U-নলের নীচে হিমমিশ্রে একটি বোতল থাকে। শীতকের ভিতর নলের ডানদিকে শেষ বরাবর একটি কাচ-পশমের (glass wool) ছিপি (plug) রাখ। শ্বেত ফস্‌ফরাসকে মৃদুভাবে গরম কর এবং সঙ্গে সঙ্গে একটি অ্যাস্‌পিরেটর পাম্প

দ্বারা ধীরে ধীরে শুষ্ক বায়ুপ্রবাহ ফসফরাসের উপর দিয়া টানিয়া লও। শীতকের ভিতর নলের বাহির দিয়া গরম জল (50° – 60°C) প্রবাহিত করাও। ফসফরাস বায়ুপ্রবাহে জ্বলে এবং অক্সিজেনের সঙ্গে ক্রিয়া করিয়া P_2O_3 ও সামান্য P_2O_5 উৎপন্ন করে। ইহাদের বাষ্প শীতকের ভিতর পিতলের নলে ঘনীভূত হয়। P_2O_5 অপেক্ষা P_2O_3 অধিক উদ্বায়ী। গরম জলের উষ্ণতায় P_2O_3 বাষ্পীভূত হইয়া শীতল U-নলে কঠিন আকারে জমে কিন্তু P_2O_5 কঠিন অবস্থায় কাচের পশমে আট্‌কাইয়া থাকে। U-নলকে সরাইয়া একটু গরম করিলেই P_2O_3 গলিয়া নীচের বোতলে চলিয়া যায়।



৩৪নং চিত্র—শ্বেত ফসফরাস হইতে P_2O_3 উৎপন্ন হয়।

৬৩। **ধর্ম ঃ** (i) বিশুদ্ধ ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড বর্ণহীন কেলাসিত কঠিন। অশুদ্ধ অক্সাইড দেখিতে মোমের মতন সাদা। ইহার গন্ধ রসুনের গন্ধের মত। ইহার গলনাঙ্ক 23·8°C এবং স্ফুটনাঙ্ক 173·1°C। ইহার বাষ্পীয় ঘনাঙ্ক 110। সুতরাং ইহার সংকেত হইল P_4O_6। ইহা অত্যন্ত বিষাক্ত। (ii) ইহা বায়ুতে বা অক্সিজেনে দ্রুত জারিত ইইয়া P_2O_5 গঠন করে; $P_2O_3 + O_2 = P_2O_5$। ইহা ক্লোরিনে বা উষ্ণ অক্সিজেনে স্বতঃই জ্বলিয়া উঠে। (iii) শীতল জলের সঙ্গে ইহা ধীরে ধীরে ক্রিয়া করিয়া ফসফরাস অ্যাসিড গঠন করে। সুতরাং ইহা আম্লিক অক্সাইড।

$$P_2O_3 + 3H_2O = 2H_3PO_3.$$

গরম জলের সহিত ইহা বিস্ফোরণের সঙ্গে ক্রিয়া করিয়া ফসফাইন, ফসফরিক অ্যাসিড ও সামান্য লোহিত ফসফরাস গঠন করে; $2P_2O_3 + 6H_2O = PH_3 + 3H_3PO_4$. (iv) ইহার সালফারের সঙ্গে দ্রুত ক্রিয়া

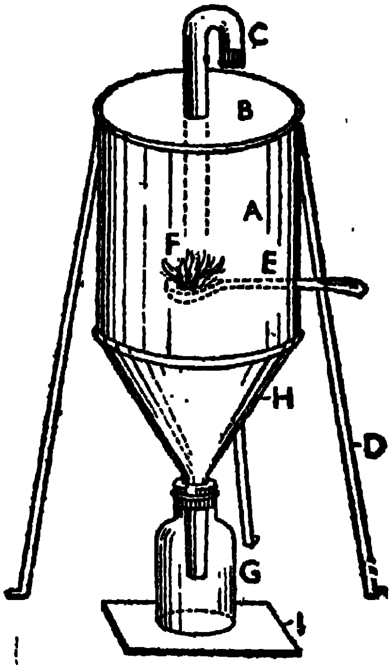
করে। (v) ইহা কোহলে জলিয়া উঠে কিন্তু ইহা ইথার, কারবন ডাই-সালফাইডে দ্রবীভূত হয়।

ফসফরাস পেণ্টোক্সাইড (Phosphorus Pentoxide), P_2O_5

৬৪। **প্রস্তুতপ্রণালী : নীতি :** শুষ্ক শ্বেত ফসফরাসকে অতিরিক্ত শুষ্ক বায়ু-প্রবাহে বা অক্সিজেন-প্রবাহে দহন করিলে P_2O_5 উৎপন্ন হয়।

$$4P+5O_2=2P_2O_5$$

পণ্য-উৎপাদন : পার্শ্বের চিত্রে প্রদর্শিত যন্ত্রটি P_2O_5 প্রস্তুত করিতে ব্যবহৃত হয়। A একটি দুইমুখ-খোলা বৃহৎ লৌহ-চোঙ। ইহার মাথায় একটি ঢাকনা B থাকে। ঢাকনায় একটি বাঁকানো C চিমনি লাগানো থাকে। চিমনির মুখ কর্ক দিয়া বন্ধ করা হয়। পার্শ্বের E আগমনল দিয়া F তামার চামচে করিয়া প্রজ্বলিত শ্বেত ফসফরাস চোঙের ভিতর প্রবেশ করানো হয়। চোঙটি D তেপায়ার উপর দাঁড় করানো থাকে। চোঙের নীচের মুখে একটি লোহার H ফানেল লাগানো থাকে। ফানেলের দণ্ড (stem) G বোতলের চওড়া মুখে ঢোকানো থাকে। বোতলের নীচে I বোর্ডকে ঝিছুক্ষণ অন্তর সরাইয়া কিংবা ঢাকনা মধ্যে মধ্যে খুলিয়া চোঙের ভিতর বায়ু প্রবেশ করানো হয়। P_2O_5-এর গাঢ় ধূম উৎপন্ন হইয়া চোঙের গায়ে জমে এবং বোতলের মধ্যে ঝরিয়া পড়ে। এই পেণ্টোক্সাইডের সঙ্গে কিছু ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড মিশ্রিত থাকে। এই অশুদ্ধ অক্সাইডকে বাষ্পীভূত করিয়া বাষ্পের সঙ্গে অক্সিজেন মিশ্রিত করিয়া উত্তপ্ত (175°C—220°C) অতি সূক্ষ্ম প্লাটিনাম গুঁড়ার উপর দিয়া অতিক্রম করাইলে ট্রাই-অক্সাইড পেণ্টোক্সাইডে পরিণত হয়। বিশুদ্ধ P_2O_5 সিলভার নাইট্রেটের দ্রবণে কোন কালো বর্ণ উৎপন্ন করে না।



৩৫নং চিত্র—অতিরিক্ত বায়ুপ্রবাহে ফসফরাসের দহন হইতে P_2O_5.

৬৫। **ধর্ম :** (i) ফসফরাস পেণ্টোক্সাইড সাদা গুঁড়া। ইহা সহজেই জলীয় বাষ্প শোষণ করে। সেইজন্য ইহাকে সর্বদাই বোতলে ছিপি দিয়া রাখা হয়। (ii) বিশুদ্ধ অবস্থায় ইহা গন্ধহীন কিন্তু ট্রাই অক্সাইড মিশ্রিত

থাকিলে ইহাতে রসুনের গন্ধ পাওয়া যায়। (iii) ইহাকে শুষ্ক কারবন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের পরিবেশে পাতিত করিলে ইহা কেলাসে পরিণত হয়। এই কেলাস 250°C উষ্ণতায় ঊর্ধ্বপাতিত (sublime) হয়। (iv) অন্ধকারে ইহার অনুপ্রভা দেখা যায়। (v) ইহা একটি আম্লিক অক্সাইড। ইহাকে ঠাণ্ডা জলে ফেলিলে হিস্ হিস্ শব্দ করিয়া ক্রিয়া করে এবং মেটাফসফরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় ; $P_2O_5+H_2O=2HPO_3$. ইহা গরম জলের সহিত অর্থোফসফরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে ;

$$P_2O_5+3H_2O=2H_3PO_4.$$

(vi) ইহা এত শক্তিশালী নিরুদক (dehydrater) যে ইহা শুধু জল বা জলীয় বাষ্পই শোষণ করে না, ইহা সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড, নাইট্রিক অ্যাসিড প্রভৃতি অ্যাসিড হইতে জলের উপাদান টানিয়া লয় এবং অ্যাসিড নিরুদক (acid anhydride) গঠন করে।

$$H_2SO_4+P_2O_5=2HPO_3+SO_3\ ;$$

$$2HNO_3+P_2O_5=2HPO_3+N_2O_5.$$

কোহল হইতেও ইহা জলের উপাদান টানিয়া লয়।

$$C_2H_5(OH)+P_2O_5=C_2H_4+2HPO_3$$

ইহা গলিত (fused) $CaCl_2$ বা গাঢ় H_2SO_4 অপেক্ষা শক্তিশালী নিরুদক। ইহা কয়লা, কাগজ ও অন্যান্য জৈব পদার্থকে কালো করিয়া দেয় (chars)। ইহা চামড়ার জল শোষণ করিয়া চামড়ায় ক্ষত উৎপন্ন করে।

৬৬। **ব্যবহার :** ফসফরাস পেণ্টোক্সাইড নিরুদক হিসাবে এবং ফসফরিক অ্যাসিড প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়।

৬৭। **ফসফরাসের অ্যাসিড :** ফসফরাস পেণ্টোক্সাইডের সঙ্গে জলের ক্রিয়ায় তিনটি অ্যাসিড উৎপন্ন হয়, যথা—

মেটাফসফরিক	অ্যাসিড	$HPO_3(P_2O_5,\ H_2O)$
পাইরো „	„	$H_4P_2O_7(P_2O_5,\ 2H_2O)$
অর্থো „	„	$H_3PO_4(P_2O_5,\ 3H_2O)$

উপরোক্ত বর্ণনা হইতে দেখা যায় যে মেটাঅ্যাসিডে অক্সাইডের প্রতিটি অণুর সহিত সর্বাপেক্ষা কম জলের অণু, অর্থোঅ্যাসিডে সর্বাপেক্ষা অধিক

জলের অণু এবং পাইরোঅ্যাসিডে মাঝারি জলের অণু যুক্ত আছে। ইহাদের মধ্যে অর্থোফসফরিক অ্যাসিড উল্লেখযোগ্য। ইহাকে ফসফরিক (Phosphoric) অ্যাসিডও বলে।

৬৮। ফসফরাস অ্যাসিড (H_3PO_3) ঃ ফসফরাস ট্রাই অক্সাইডের সঙ্গে জলের ক্রিয়ায় H_3PO_3 উৎপন্ন হয় : $P_2O_3+3H_2O=2H_3PO_3$. ফসফরাস অ্যাসিড স্ফটিকাকার সাদা বস্তু। বায়ু দ্বারা ইহা জারিত হইয়া H_3PO_4 হয়।

৬৯। অর্থোফসফরিক অ্যাসিড ঃ H_3PO_4 : **প্রঃ প্রঃ**—(i) P_2O_5 ও গরম জলের ক্রিয়া হইতে অর্থোফসফরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় ; $P_2O_5+3H_2O=2H_3PO_4$ (ii) ঠাণ্ডা জলের সহিত P_2O_5-এর ক্রিয়ায় মেটাফসফরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। মেটাফসফরিক অ্যাসিডের দ্রবণকে ফুটাইলে অর্থোফসফরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় ; $P_2O_5+H_2O=2HPO_3$; $HPO_3+H_2O=H_3HO_4$,

বিশুদ্ধ অর্থোফসফরিক অ্যাসিড ঃ—

পরীক্ষা ঃ একটি গোলতল বিশিষ্ট 2 লিটার আয়তনের ফ্লাস্কে অর্ধগাঢ় 112 ঘন সেন্টিমিটার HNO_3 অ্যাসিডের দেড়গুণ জলের মিশ্রণ ও 31 গ্রাম লোহিত ফসফরাস লইয়া ফ্লাস্কের মুখে ঊর্ধ্বমুখী শীতক লাগাইয়া শীতকে ঠাণ্ডা জল প্রবাহিত কর। মিশ্রণকে ফুটাও। সমস্ত ফসফরাস দ্রবীভূত হইলে একটি প্লাটিনাম বা পোর্সিলেন ডিসে দ্রবকে 20 ঘঃ সেঃ ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড দিয়া বালিগাহে ঢালিয়া শুকাইয়া ফেল। কোন ফসফরাস অ্যাসিড H_3PO_3 গঠিত হইলে নাইট্রিক অ্যাসিড ইহাকে জারিত করে। এই অবস্থায় সামান্য দ্রবণ লইয়া ইহাতে $AgNO_3$ দ্রবণ যোগ করিলে কোন কালো অধঃক্ষেপ না পাওয়া যাইলে বুঝিতে হইবে যে ফসফরাস অ্যাসিড নাই। শুকনা অবশেষকে পুনরায় শীতল জলে দ্রবীভূত করিয়া ও পরিস্রাবিত করিয়া পরিস্রুৎকে 180°C পর্যন্ত উত্তপ্ত করিয়া ঘনীভূত কর। তৎপরে দ্রবণকে হিম-মিশ্রণে অবস্থিত বায়ুশূন্য শোষকাধারে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের উপর শীতল করিলে অর্থোফসফরিক অ্যাসিডের কেলাস জমে। (180°C উষ্ণতার উপর বাষ্পীভূত করিলে কিছু মেটাফসফরিক অ্যাসিড গঠিত হয়))

$$4P+10HNO_3+H_2O=4H_3PO_4+5NO+5NO_2,$$

পণ্য-উৎপাদন : (A) **অস্থিভস্ম হইতে : নীতি :** অস্থিভস্মে $Ca_3(PO_4)_2$ থাকে। অস্থিভস্ম ও সালফিউরিক অ্যাসিডের ক্রিয়ায় অর্থোফসফরিক অ্যাসিড এবং ক্যালসিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয় ;

$$Ca_3(PO_4)_2+3H_2SO_4=3CaSO_4+2H_3PO_4.$$

বিবরণ—(i) সীসার আস্তরণ-দেওয়া ট্যাঙ্কে অস্থিভস্ম ও পাতলা সালফিউরিক অ্যাসিড একত্রে কয়েক ঘণ্টা সিদ্ধ করিয়া অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম সালফেটকে পরিস্রাবণ করিয়া পৃথক করা হয়। পরিস্রুত দ্রবণে অর্থোফসফরিক অ্যাসিড থাকে। দ্রবণকে বাষ্পীভূত করিয়া দ্রবণের আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·7 হইলে 85% অ্যাসিড পাওয়া যায়। ইহাকে **ফসফরিক অ্যাসিডের সিরাপ** বলে। ইহাকে বোতলে করিয়া বিক্রয় করা হয়।

(B) **খনিজ হইতে :** ফসফেট খনিজ, কোক ও বালি (SiO_2) তড়িৎ-চুল্লীতে বায়ুপ্রবাহে উত্তপ্ত করিলে ফসফরাস পেণ্টোক্সাইড উৎপন্ন হয়। ইহার ধোঁয়াকে জলকণার (spray of water) সহিত মিশাইয়া বৈদ্যুতিক উপায়ে (electric precipitation) অধঃক্ষিপ্ত করিয়া 85% H_3PO_4 পাওয়া যায়।

৭০। **ধর্ম :** (i) বিশুদ্ধ অর্থোফসফরিক অ্যাসিড উদগ্রাহী বর্ণহীন কেলাসিত কঠিন। ইহার গলনাঙ্ক 38°C – 42°C। সাধারণতঃ ইহাকে সিরাপের মত দেখায়। (ii) ইহা সহজেই জলে দ্রবীভূত হয়।

(iii) **তাপের ক্রিয়া :** ইহা 213° হইতে 250°C পর্যন্ত উত্তপ্ত হইলে পাইরোফসফরিক (pyrophosphoric) অ্যাসিড এবং ইহা 313°Cতে মেটাফসফরিক অ্যাসিড দেয়। মেটাঅ্যাসিডকে আরও উত্তপ্ত করিলে P_2O_5 দেয়। প্রত্যেক বার ইহারা এক অণু জল ত্যাগ করে। ক্রিয়াগুলি দুইমুখী :

$$2H_3PO_4 \xrightleftharpoons[+H_2O]{\substack{-H_2O\\213^\circ C}} H_4P_2O_7 \xrightleftharpoons[+H_2O]{\substack{-H_2O\\313^\circ C}} 2HPO_3 \xrightleftharpoons[+H_2O]{\substack{-H_2O\\\text{লোহিততাপ}}} P_2O_5$$

সুতরাং P_2O_5কে জল দিয়া ফুটাইলে তিনটি অ্যাসিডই উৎপন্ন হয়।

$$P_2O_5+H_2O=2HPO_3\ ;\ P_2O_5+2H_2O=H_4P_2O_7\ ;$$
$$P_2O_5+3H_2O=2H_3PO_4.$$

প্রচুর অক্সিজেন থাকা সত্ত্বেও অর্থোফসফরিক অ্যাসিডের জারণ-ক্ষমতা নাই।

৭১। **অর্থোফসফেট :** অর্থোফসফরিক অ্যাসিড ত্রিক্ষারীয় অ্যাসিড ; সুতরাং একটি, দুইটি বা তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণু প্রতিস্থাপিত হইয়া তিন

প্রকার লবণ উৎপন্ন হয় ; যথা প্রাইমারী (Primary) ফসফেট XH_2PO_4, সেকেণ্ডারী (Secondary) ফসফেট X_2HPO_4, টারসিয়ারি (Tertiary) ফসফেট X_3PO_4. (X —একযোজী ধাতুর পরমাণু)। অর্থোঅ্যাসিডের সঙ্গে ধাতব অক্সাইড, হাইড্রোক্সাইড কিংবা কারবনেট ক্রিয়া করিলে ফসফেট লবণ পাওয়া যায় ; যথা (i) সোডিয়াম ডাই হাইড্রোজেন ফসফেট NaH_2PO_4 ইহা একটি অ্যাসিড লবণ (acid salt)। ইহা তাপে জল ত্যাগ করিয়া মেটাফসফেট দেয় : ইহা প্রাইমারী ফসফেট্।

$$NaH_2PO_4 = NaPO_3 + H_2O$$

(ii) ডাই-সোডিয়াম হাইড্রোজেন ফসফেট Na_2HPO_4 ইহাও একটি অ্যাসিড লবণ। এই লবণ ক্ষীণ ক্ষারীয় ক্রিয়া দেয় এবং তাপে জল ত্যাগ করিয়া পাইরোফসফেট দেয় : ইহা সেকেণ্ডারী লবণ।

$$2Na_2HPO_4 = Na_4P_2O_7 + H_2O.$$

ইহা পরীক্ষাগারে বিকারক হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

(iii) ট্রাইসোডিয়াম ফসফেট Na_3PO_4 ইহা নরম্যাল লবণ। ইহা তাপে অপরিবর্তিত থাকে। ইহা টারসিয়ারী লবণ ; ক্ষার ধাতুর টারসিয়ারী লবণ (একমাত্র Li_3PO_4 ছাড়া) জলে দ্রাব্য। অন্য ধাতুর টারসিয়ারী লবণ জলে অদ্রাব্য কিন্তু লঘু HCl এ দ্রাব্য। $Ca_3(PO_4)_2 + 6HCl = 3CaCl_2 + 2H_3PO_4$। অর্থো অ্যাসিডের দ্রবণকে লিটমাসের সাহায্যে তীব্র ক্ষারের দ্রবণের দ্বারা প্রশমিত করিলে সেকেণ্ডারী ফসফেট উৎপন্ন হয়।

৭২। **ফসফরিক অ্যাসিডের পরীক্ষা : শুষ্ক পরীক্ষা :** কারবনের উপর জারক (oxidising) শিখায় ফসফেটকে একটু কোবাল্ট নাইট্রেট দ্রবণে সিক্ত করিয়া উত্তপ্ত করিলে ফসফেট নীল হয়।

আর্দ্র পরীক্ষা : (i) অতিরিক্ত অ্যামোনিয়াম মলিবডেট (ammonium molybdate) ও গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে ফসফেটের দ্রবণকে সামান্য উষ্ণ করিলে প্রচুর হলুদে অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। আর্সেনেটের দ্রবণও উক্তরূপে ফুটাইলে তবে সামান্য পরিমাণ হলুদবর্ণের অধঃক্ষেপ দেয়।

(ii) সিলভার নাইট্রেটের দ্রবণ অর্থোফসফেটের সঙ্গে হলুদে অধঃক্ষেপ (সিলভার ফস্‌ফেট) এবং মেটাফসফেট ও পাইরোফসফেটের সঙ্গে সাদা অধঃক্ষেপ দেয়। আর্সেনেট দ্রবণ বাদামি অধঃক্ষেপ দেয়।

(iii) ম্যাগনেশিয়া মিশ্রণ ($MgCl_2$, NH_4Cl ও NH_4OH-এর মিশ্রণ) অর্থো ফসফেটের দ্রবণে যোগ করিলে ম্যাগনেসিয়াম অ্যামোনিয়াম ফসফেটের ($MgNH_4PO_4$, $6H_2O$) অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। আর্সেনেটও $MgNH_4AsO_4$-এর সাদা অধঃক্ষেপ দেয়। STUDY

৭২। (ক) ফসফিন (Phosphine): **প্রস্তুতপ্রণালী**: একটি ফ্লাস্কে নিষ্ক্রিয় গ্যাসের (H_2 অথবা কোলগ্যাস) পরিবেশে সাদা ফসফরাস ও ঘন কস্টিক সোডার মিশ্রণকে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করিলে ফসফিন (PH_3) উৎপন্ন হয়। নির্গম নলের মুখ দিয়া জলপথে বাহির হইলে এক এক বিন্দু গ্যাস ধুম্র বলয়ের সৃষ্টি করে ; $4P+3NaOH+3H_2O=PH_3+3NaH_2PO_2$.

ধর্মঃ ফসফিন দুর্গন্ধযুক্ত, বর্ণহীন, বায়ুর চেয়ে ভারী বিষাক্ত গ্যাস। ইহা অক্সিজেনে জ্বলিয়া জল ও P_2O_5 উৎপন্ন করে ; $2PH_3+4O_2=P_2O_5+3H_2O$. ফসফিন ক্লোরিণ গ্যাসে জ্বলিয়া উঠে এবং ফসফরাস ট্রাইক্লোরাইড গঠন করে : $PH_3+3Cl_2=PCl_3+3HCl$. ফসফিন সামান্য ক্ষার ধর্ম (basic property) বিশিষ্ট এবং ফসফনিয়াম (PH_4) লবণ গঠন করে। এই লবণ ক্ষারের সহিত পুনরায় ফসফিন দেয় ; $PH_3+HCl=PH_4Cl$; $PH_4Cl+KOH=PH_3+KCl+H_2O$.

NH_3 ও PH_3-এর তুলনাঃ উভয়েরই আণবিক গঠন এক। উভয়ই গন্ধযুক্ত গ্যাস, জলে মাত্র অ্যামোনিয়া দ্রাব্য, উভয়েই বিজারক ক্ষমতাযুক্ত। অ্যামোনিয়া নির্দোষ, ক্ষারীয় ধর্মযুক্ত গ্যাস, ইহা বায়ুতে স্বতঃই জ্বলে না ; ফসফিন্ বিষাক্ত, অল্প ক্ষারধর্ম বিশিষ্ট গ্যাস, ইহা বায়ুতে স্বতঃই জ্বলে।

৭৩। **কৃত্রিম নাইট্রোজেন ও ফসফেট সার**ঃ প্রাণী ও উদ্ভিদের উভয়েরই দেহের পক্ষে নাইট্রোজেন ও ফসফরাস অপরিহার্য খাদ্য-উপাদান। উদ্ভিদের দ্বারা প্রস্তুত নাইট্রোজেন ও ফসফরাসঘটিত খাদ্য প্রাণী ভক্ষণ করিয়া দেহবৃদ্ধি করে। উদ্ভিদ আবার মাটি হইতে নাইট্রোজেন ও ফসফরাসঘটিত খাদ্য গ্রহণ করে এবং ফলমুল ও বীজে সঞ্চয় করিয়া রাখে। তবে মাংসাশী প্রাণী দুধ, ডিম, মাছ, মাংস প্রভৃতি প্রাণীজ দ্রব্য ভক্ষণ করিয়া নাইট্রোজেন ও ফসফরাসঘটিত খাদ্য দেহসাৎ করে। জমিতে স্বাভাবিকভাবে জীবজন্তুর দেহ, হাড়, মলমূত্র, পচা গাছ-পালা, খনিজ নাইট্রেট, খনিজ ফসফেট হইতে উৎপন্ন খানিকটা নাইট্রোজেন ও ফসফরাস-ঘটিত খাদ্য থাকে। কিন্তু বর্তমান যুগে ক্রমবর্ধমান জনসংখ্যার চাপে একই জমিতে প্রচুর ফসল উৎপন্ন করা হইতেছে

বলিয়া জমির শস্য-উৎপাদিকাশক্তি তথা নাইট্রোজেন ও ফসফরাসের যৌগ সমূহ দিনে দিনে কমিয়া যাইতেছে। প্রাণীর মলমূত্রের সঙ্গে অনেকটা নাইট্রোজেন ও ফসফরাস নষ্ট হয়। জমির এই সকল অভাব প্রাকৃতিক উপায়ে পূরণ করা যায় না। নানা রকম **কৃত্রিম সার** দিয়া জমির উৎপাদিকা-শক্তি বৃদ্ধি করা হয়। সাধারণতঃ দ্রবণীয় নাইট্রেট ও ফসফেট সার হইতে উদ্ভিদ নাইট্রোজেন ও ফসফরাস গ্রহণ করে। খনিজ ক্যালসিয়াম ফসফেট জলে অদ্রাব্য। সুতরাং ইহা সাক্ষাৎভাবে উদ্ভিদের গ্রহণের অযোগ্য। ইহাকে প্রথমে দ্রবণীয় ফসফেটে পরিণত করা হয়।

নিম্নে কতকগুলি নাইট্রেট ও ফসফেট সারের তালিকা দেওয়া হইল :

নাইট্রোজেন সার	**ফসফেট সার**
(১) সোডিয়াম নাইট্রেট (চিলি সল্টপিটার)	(১) সুপার ফসফেট অফ লাইম
(২) অ্যামোনিয়াম সালফেট	(২) ট্রিপল সুপার ফসফেট
(৩) অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট	(৩) অস্থিচূর্ণ
(৪) ক্যালসিয়াম নাইট্রেট	(৪) খনিজ ফসফেট
(৫) নাইট্রোলিম	(৫) গুয়ানো (guano) নামক সার —ইহা সামুদ্রিক পক্ষীর মল।
(৬) জীবজন্তুর মলমূত্র, সবুজ সার।	(৬) স্টিল (steel) চুল্লীর ক্ষারীয় ধাতুমল (basic slag)।

এক টন গম উৎপাদনের জন্য আটচল্লিশ পাউণ্ড নাইট্রোজেন এবং আঠার পাউণ্ড ফসফরাস প্রয়োজন হয়। নাইট্রোজেন ও ফসফরাসের অনুপাত ঠিক না থাকিলে উদ্ভিদের বৃদ্ধির সামঞ্জস্য থাকে না। নাইট্রোজেন অধিক হইলে গাছের দ্রুত বৃদ্ধি হয় কিন্তু অধিক ফলন হয় না। নাইট্রোজেন ও ফসফরাস দুইই যে সারে পাওয়া যায় তাহাই সর্বোৎকৃষ্ট সার। এই সারের মধ্যে (i) নাইট্রেটেড সুপার ফসফেট (Nitrated Superphosphate) ও (ii) অ্যামোনিয়েটেড সুপার ফসফেট (Ammoniated Superphosphate) উল্লেখযোগ্য। ইহারা সকলেই জলে দ্রাব্য। নিম্নে কতকগুলি সারের প্রস্তুত-প্রণালী বর্ণনা করা হইল :

(১) **সুপার ফসফেট অব লাইম** (**Superphosphate of Lime**) : ঢালাই লৌহের চোঙে (cylinder) গুঁড়া খনিজ ফসফোরাইট $Ca_3(PO_4)_2$ এবং সালফিউরিক অ্যাসিড একত্র (ঘনাঙ্ক 1·5) মিশাইয়া ঘূর্ণায়মান পাখা

(revolving blade) দ্বারা মিশ্রণ নাড়িলে প্রাইমারী ফসফেট (ক্যালসিয়াম ডাই হাইড্রোজেন ফসফেট), ক্যালসিয়াম সালফেট ও ফসফরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ উৎপন্ন হয়। এই মিশ্রণ দ্বারা একটি সিমেণ্ট নির্মিত গর্ত অর্ধপূর্ণ করিয়া গর্তটি ২৪ ঘণ্টা বন্ধ করিয়া রাখা হয়। মিশ্রণটি উত্তপ্ত হইয়া উঠে। নানা প্রকার গ্যাস (যথা CO_2, SiF_4, HF, HCl) উদ্ভুত হইয়া একটি সরু নল দিয়া বাহির হইয়া যায়। মিশ্রণকে 'সুপার ফসফেট অব লাইম' বলে। মিশ্রণকে গুঁড়া করিয়া ও শুষ্ক বায়ুপ্রবাহে শুকাইয়া বাজারে সাররূপে বিক্রয় করা হয়। খনিজ ফসফেটের অপেক্ষা ইহার দ্রাব্যতা অধিক বলিয়া ইহা উদ্ভিদের পক্ষে অধিক উপকারী

$$5Ca_3(PO_4)_2 + 11H_2SO_4 = 4Ca(H_2PO_4)_2 + 2H_3PO_4 + 11CaSO_4.$$

ক্যালসিয়াম সালফেট জলে সিক্ত করিলে সোদক লবণ বা জিপসাম ($CaSO_4$, $2H_2O$) উৎপন্ন হয়। সোদক ক্যালসিয়াম সালফেট ও ক্যালসিয়াম ডাই-হাইডোজেন ফসফেটের মিশ্রণকে **সুপার ফস্‌ফেট** বলে। বর্তমানে বার্ষিক 2·5 কোটি টন সুপার ফসফেট প্রস্তুত হয়। পৃথিবীর অধিকাংশ H_2SO_4 সুপার ফসফেট প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়।

(২) **ট্রিপল সুপার ফসফেট** (**Tripple Superphosphate**)**ঃ** খনিজ ফস্‌ফেটকে ফস্‌ফরিক অ্যাসিডের সহিত মিশ্রিত করা হয়। ইহাকে ট্রিপল ফস্‌ফেট বলে। কারণ ইহাতে ফস্‌ফেটের পরিমাণ খুব অধিক।

$$Ca_3(PO_4)_2 + 4H_3PO_4 = 3Ca(H_2PO_4)_2.$$

(৩) **নাইট্রেটেড সুপার ফস্‌ফেট ঃ** খনিজ ফস্‌ফেটের সঙ্গে নাইট্রিক অ্যাসিডের ক্রিয়ায় সেকেণ্ডারী ক্যালসিয়াম ফসফেট ও ক্যালসিয়াম নাইট্রেটের মিশ্রণ পাওয়া যায়। ইহা সাধারণ সুপার ফস্‌ফেট অপেক্ষা অধিক কার্যকরী, কারণ ইহাতে নাইট্রেট ও ফসফেট দুই থাকে।

$$Ca_3(PO_4)_2 + 2HNO_3 = 2CaHPO_4 + Ca(NO_3)_2.$$

(৪) **অ্যামোনিয়েটেড সুপার ফসফেট ঃ** সুপার ফস্‌ফেটকে অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট দ্রবণের সহিত মিশ্রিত করিলে এই সার পাওয়া যায়।

সারের প্রয়োগ ঃ (i) কৃত্রিম সার উপযুক্ত পরিমাণে জমিতে ব্যবহার করা উচিত। সারের পরিমাণ অধিক হইলে ফসলের ক্ষতি হয়। (ii) কৃত্রিম সারের সহিত সবুজ সার, যথা আবর্জনা, পচা গোবর, লতাপাতা উপযুক্ত পরিমাণে মিশাইয়া দেওয়া কর্তব্য। মাটি অ্যাসিডিক (acidic) হইলে ভাল

ফসল হয় না। এইরূপ মাটিতে কিছু চুন মিশাইতে হয়। একটি গ্লাসে মাটি গুলিয়া থিতাইতে দাও। উপরের পরিষ্কার জলে একটি নীল লিট্‌মাস কাগজ দিলে যদি উহা লাল হয় তবে বুঝিবে মাটি অ্যাসিডগুণ প্রাপ্ত হইয়াছে।

নানাপ্রকার কীটপতঙ্গ ফসল নষ্ট করে। ইহাদিগকে বিনাশ করিবার জন্য বিভিন্ন প্রকার ঔষধ ব্যবহৃত হয়। যথা—প্যারিস গ্রীন (Paris Green) : ইহা কপার ও আরসেনিকের যৌগিক পদার্থ। বোর্দো মিকশ্চার (Bordeaux mixture) : ইহা কপার সালফেট ($CuSO_4$) ও কলিচুনের [$Ca(OH)_2$] মিশ্রণ। লঘু কপার সালফেট (তুঁতের দ্রবণ), ডি-ডি-টি (D. D. T.), গামাক্সিন প্রভৃতি কীটনাশক ঔষধ।

৭৪। **আরসেনিক (Arsenic) :** আরসেনিক নাইট্রোজেন পরিবারভুক্ত মৌল। ইহা পর্যায় সারণীতে পঞ্চম শ্রেণীর B উপশ্রেণীর অন্তর্গত। এই উপশ্রেণীতে উপর হইতে নীচের দিকে নাইট্রোজেন, ফসফরাস, আরসেনিক ও অন্য দুইটি মৌল অবস্থিত। এই পাঁচটি মৌলের রাসায়নিক ধর্মের কিছু সাদৃশ্য আছে। এই ধর্মগুলি নাইট্রোজেন হইতে আরসেনিক পর্যন্ত ধাপে ধাপে পরিবর্তিত হয় (gradual transition). নিম্নে নাইট্রোজেন, ফসফরাস ও আরসেনিকের তুলনামূলক বিবরণ দেওয়া হইল :—

(১) ইহাদের ধর্ম অধাতু হইতে ধাতুতে ক্রমশঃ পরিবর্তিত হয়। নাইট্রোজেন ও ফসফরাস অধাতু। আরসেনিকের কিছু ধাতব ধর্ম আছে। সেইজন্য ইহাকে ধাতুকল্প বলে।

(২) নাইট্রোজেন হইতে আরসেনিক পর্যন্ত পারমাণবিক ওজন বৃদ্ধি পাইয়াছে।

(৩) নাইট্রোজেন গ্যাস, ফসফরাস কঠিন পদার্থ কিন্তু ইহা সহজেই বাষ্পীভূত হয়। আরসেনিক অধিক উষ্ণতায় বাষ্পীভূত হয়।

(৪) ইহার সকলেই একাধিক অক্সাইড গঠন করে। অক্সাইডগুলির সংকেত : N_2O_3, N_2O_4, N_2O_5 ; P_2O_3, P_2O_4, P_2O_5; As_2O_3, As_2O_5 কিন্তু নাইট্রোজেন ও ফসফরাসের অক্সাইডগুলি অ্যাসিডধর্মী এবং জলের সহিত দ্রুত ক্রিয়া করিয়া অ্যাসিড উৎপাদন করে। আরসেনিক অক্সাইডগুলির আম্লিক ও ক্ষারীয় (basic) ধর্ম আছে। আরসেনিয়াস অক্সাইড (As_2O_3) ও আরসেনিক অক্সাইড (As_2O_5) জলের সহিত ক্রিয়া করিয়া যথাক্রমে

আরসেনিয়াস অ্যাসিড H_3AsO_3 ও আরসেনিক অ্যাসিড H_3AsO_4 উৎপন্ন করে।

(৫) ইহারা সকলেই হাইড্রাইড (RH_3) গঠন করে। হাইড্রাইডগুলির গঠন একই রকমের কিন্তু NH_3 অধিক সুস্থিত, PH_3 মাঝারি সুস্থিত, AsH_3 কম সুস্থিত। আবার NH_3 ক্ষারীয় (alkaline) ধর্মবিশিষ্ট জলে খুব দ্রাব্য এবং অ্যাসিডের সহিত লবণ উৎপাদন করে। PH_3 ক্ষারকীয় (basic) ধর্মবিশিষ্ট কিন্তু ইহার ক্ষারীয় ধর্ম নাই এবং জলে অদ্রাব্য। AsH_3-এর ক্ষারীয় (alkaline) বা ক্ষারকীয় (basic) কোনও ধর্মবিাশষ্ট নয় এবং ইহা জলে অদ্রাব্য।

(৬) ইহারা সকলেই ক্লোরিনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া ক্লোরাইড (RCl_3) গঠন করে। কিন্তু NCl_3 অত্যন্ত দুঃস্থিত। $AsCl_3$ সুস্থিত যৌগ। PCl_5 ও $AsCl_5$ জানা আছে কি NCl_5 জানা নাই।

(৭) ইহারা সকলেই অ্যাসিড (HRO_3) গঠন করে কিন্তু এই অ্যাসিডগুলির স্থায়িত্ব নাইট্রোজেন হইতে কমিয়া যায়।

(৮) আরসেনিক তিনটি রূপে পাওয়া যায়; যথা ধূসর আরসেনিক, কালো আরসেনিক ও হল্‌দে আরসেনিক। নাইট্রোজেন ও ফসফরাসের রূপের কথা পূর্বে বলা হইয়াছে। আরসেনিক ও আরসেনিক যৌগ সবই বিষাক্ত।

(৯) আরসেনিয়াস অক্সাইডের সহিত কাঠকয়লার গুড়া মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে অক্সাইড বিজারিত হয় এবং আরসেনিক পাওয়া যায়।

$$As_2O_3 + 3C = 2As + 3CO.$$

৭৫। **আরসেনাইট** (Arsenite) **ও আরসেনেটের** (Arsenate) **ব্যবহার ঃ** আরসেনিকের দুইটি অক্সাইড আছে; যথা আরসেনিয়াস অক্সাইড As_2O_3 ও আরসেনিক অক্সাইড As_2O_5। এই দুই অক্সাইড জলের সহিত যথাক্রমে আরসেনিয়াস অ্যাসিড (H_3AsO_3) ও আরসেনিক অ্যাসিড (H_3AsO_4) উৎপন্ন করে। আরসেনিয়াস (Arsenious) অ্যাসিডের লবণকে **আরসেনাইট** বলে। আরসেনিয়াস অ্যাসিড ক্ষার বা ধাতব লবণ দ্রবণের সহিত ক্রিয়া করিয়া আরসেনাইট উৎপন্ন করে। আরসেনিয়াস অক্সাইডের (As_2O_3) সঙ্গে কপার সালফেট মিশাইলে উজ্জ্বল সবুজ বর্ণের কিউপ্রিক আরসেনাইট (Scheele's Green $CuHAsO_3$) উৎপন্ন হয়। ইহা কীটাণুনাশকরূপে ও রঞ্জক (pigment)-রূপে ব্যবহৃত হয়। উজ্জ্বল প্যারিস

গ্রীন (Paris Green) কিউপ্রিক আরসেনাইট ও কিউপ্রিক এ্যাসেটেটের মিশ্রণ। ইহা কীটাণুনাশক রূপে ও তৈলচিত্রে বা জলচিত্রে রঞ্জকরূপে ব্যবহৃত হয়। লেড এবং সোডিয়াম আরসেনাইট (Na_3AsO_3) ঔষধরূপে ব্যবহৃত হয়।

আরসেনেট আরসেনিক অ্যাসিডের (Arsenic acid—H_3AsO_4) লবণ। সাধারণ সোডিয়াম আরসেনেট ($Na_2HAsO_4, 12H_2O$) বস্ত্রশিল্পে ব্যবহৃত হয়। ক্যাল্‌সিয়াম, ম্যাগ্‌নেসিয়াম, ম্যাঙ্গানীজ ও লেডের আরসেনেট ফলগাছের কীটাণুনাশকরূপে ব্যবহৃত হয়।

সিলভার নাইট্রেট দ্রবণকে ফসফেটের সঙ্গে মিশাইলে হল্‌দে সিলভার ফসফেট অধঃক্ষিপ্ত হয় কিন্তু সিলভার নাইট্রেট দ্রবণকে আরসেনেটের সঙ্গে মিশাইলে বাদামীবর্ণের সিলভার আরসেনেট অধঃক্ষিপ্ত হয়। আরসেনিক সেঁকো বিষ (As_4O_6) উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়। স্যালভারসান (salvarsan) আরসেনিক-ঘটিত বিখ্যাত ঔষধ। আরসেনিক ধাতুসংকর উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়।

পাইরেক্স কাঁচ প্রস্তুতিতে, আগাছা ও কীটনিবারকরূপে, ইঁদুর ধ্বংসের জন্য ঔষধ প্রস্তুতে আরসেনিয়াস অক্সাইড ব্যবহৃত হয়। আরসেনিক অক্সাইড জারকরূপেও ব্যবহৃত হয়। লেড আরসেনেট [$Pb_3(AsO_4)_2$] আগাছা নিবারকরূপে ব্যবহৃত হয়।

Questions

1. What are the most important sources of Phosphorus? How is the element prepared on a large scale. Mention the chief properties and uses of phosphorus? ফস্‌ফরাসের প্রধানতম উৎস কি কি? প্রচুর পরিমাণে মৌলটি কি প্রকারে প্রস্তুত হয়? ফস্‌ফরাসের প্রধান ধর্ম ও ব্যবহার উল্লেখ কর।

(B. U. 1924. M. U. 1931. C. U. 1931, '33, '43, '45)

2. Describe the allotropic modification of Phosphorus. How may red Phosphorus be obtained from white Phosphorus and vice versa? Give the uses of Phosphorus. ফস্‌ফরাসের বহুরূপ বর্ণনা কর। শ্বেত ফস্‌ফরাস হইতে লোহিত ফস্‌ফরাস এবং লোহিত ফস্‌ফরাস হইতে শ্বেত ফস্‌ফরাস কিরূপে পাওয়া যায়? ফস্‌ফরাসের ব্যবহারগুলি বল। (M. U. 1935, Benares 1927. C. U. 1943, '45, '47.)

3. What is the effect of heating chlorapatite with concentrated sulphuric acid? How is Phosphorus extracted from Phopshoric acid?

ক্লোরাআপাটাইটকে গাঢ় H_2SO_4 দ্বারা উত্তপ্ত করিলে কি ফল পাওয়া যায়? ফস্‌ফরিক অ্যাসিড হইতে ফস্‌ফরাস কি প্রকারে নিষ্কাশিত হয়?

4. Discuss the nature of changes which take place when Phosphorus undergoes slow oxidation in air. যখন ফস্‌ফরাস বায়ুতে মৃদুভাবে জারিত হয় তখন যে সব পরিবর্তন হয় তাহা আলোচনা কর।

5. Write down in parallel columns the properties of red and white Phosphorus. লোহিত ও শ্বেত ফসফরাসের ধর্মগুলি দুই সমান্তরাল স্তম্ভে লিখ।

6. Why does a match stick ignite when rubbed on a rough surface? অমসৃণ তলে দিয়াশালাই ঘর্ষণ করিলে কেন ইহা জ্বলে?

7. Express by equation the action of white Phosphorus on chlorine, iodine, caustic potash and nitric acid. ক্লোরিন আয়োডিন, কস্টিক পটাশ, নাইট্রিক অ্যাসিডের উপর শ্বেত ফস্‌ফরাসের ক্রিয়া সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ কর।

8. How is Phosphorous oxide prepared, and how it may be converted into the pentoxide? ফস্‌ফরাস অক্সাইড কি প্রকারে প্রস্তুত হয় এবং কি প্রকারে ইহা পেণ্টক্সাইডে পরিণত হয়?

9. What is the action of (a) cold water (b) hot water on Phosphorous oxide? ফস্‌ফরাস অক্সাইডের উপর ঠাণ্ডা জল ও গরম জলের ক্রিয়া কি?

10. How may Phosphorus pentoxide be obtained in quantity and converted into Phosphoric acid? ফস্‌ফরাস পেণ্টক্সাইড কি প্রকারে প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায় এবং ফস্‌ফরিক অ্যাসিডে পরিণত করা যায়?

11. Describe in detail the preparation of Phosphoric acid from Phosphorus. ফস্‌ফরাস হইতে ফস্‌ফরিক অ্যাসিডের প্রস্তুতি সবিস্তারে বর্ণনা কর।

12. What is meant by saying that Orthophosphoric acid is a tribasic acid? অর্থোফস্‌ফরিক অ্যাসিড ত্রি-ক্ষারীয় অ্যাসিড বলিলে কি বুঝ?

13. 15 grammes of Caustic soda are mixed with 61·25 grammes of Orthophosphoric acid. What salt will be produced and how much of it will be obtained? (Na=23, O=16, H=1, P=3I) 15 গ্রাম NaOH-এর সঙ্গে 61·25 গ্রাম অর্থোফস্‌ফরিক অ্যাসিড মিশ্রিত করিলে কোন লবণ উৎপন্ন হয় এবং কত পরিমাণে উৎপন্ন হয়?

14. Compare Nitrogen, Phophorus and Arsenic. What are the uses of Arsenites and Arsenates? নাইট্রোজেন, ফসফরাস ও আরসেনিক তুলনা কর। আরসেনাইট ও আরসেনেটের ব্যবহার কি?

15. Copy and fill up the gaps :—

(i) White P. + 35°C = —

(ii) P_4O_6 + hot water = — + — (in words)

(iii) Bone-ash + hot sulphuric acid = — + — (in words)

পুনরায় লিখ ও শূন্যস্থান পূরণ কর :—

(i) শ্বেত ফসফরাস + 35°C = —

(ii) P_4O_6 + গরম জল = — + — (কথায়)

(iii) অস্থিভস্ম + গরম H_2SO_4 = — + — (কথায়)

16. What happens when :—

(i) P_2O_5 is added to boiling water.

(ii) Oxygen is passed over white Phosphorus under water.

(iii) When white Phosphorus burnt in a slow current of air and products condensed in a U-tube in a freezing mixture.

কি ঘটে যখন :

(i) P_2O_5 ফুটন্ত জলে ফেলা যায়।

(ii) জলের নীচে শ্বেত ফসফরাসের উপর O_2 অতিক্রম করানো যায়।

(iii) শ্বেত ফসফরাস অপার্যপ্ত বায়ুতে পোড়াইয়া উৎপন্ন দ্রব্যকে হিমমিশ্রে U-নলে জমান হয়।

17. Fit in the statements in column No. 1 with the statements in column No. 2.

Column No. 1	Column No. 2
(i) White Phosphorus	is insoluble in carbon. disulphide
(ii) Red Phosphorus	is a colourless solid.
(iii) Red Phosphorus	acts with Cl_2 in cold.
(iv) White Phosphorus	is insoluble in hot NaOH.

2নং স্তম্ভ হইতে শব্দ বাছিয়া 1নং স্তম্ভের শব্দের সঙ্গে অর্থসঙ্গতি রক্ষা কর

১নং স্তম্ভ	২ নং স্তম্ভ
(i) শ্বেত ফসরাস	CS_2তে অদ্রাব্য।
(ii) লোহিত ফসফরাস	বর্ণহীন কঠিন।
(iii) লোহিত ফসফরাস	ঠাণ্ডায় Cl_2 ক্রিয়া করে।
(iv) শ্বেত ফসফরাস	গরম NaOH-তে অদ্রাব্য

অষ্টম অধ্যায়

[**Course Content :** Carbon and its oxides : (a) Allotropic forms of Carbon—Uses of graphite and Charcoal ; only definition and illustration of allotropy required. D—different allotropic forms. D—to show the use of charcoal for absorbing gases and for removing undesirable colouring matters

(b) Chalk, limestone and marble. D—Chart of lime kiln ; Laboratory and commercial preparation of carbon dioxide ; its properties and uses. Simple fire extinguisher, Carbonates and bicarbonates ; D—Washing soda, baking powder. Composition of carbon dioxide by weight and by volume. D—Chart or assemblage of experimental arrangement. Carbon Cycle. Mineral waters. D—Chart of the Carbon or Carbon Dioxide Cycle.

(c) Carbon monoxide—preparation, properties and uses.]

কারবন ও কারবনের অক্সাইড

(Carbon and its Oxides)

সংকেত C পাঃ ওঃ = 12 পাঃ সংখ্যা = 6

৭৬। **কারবনের অবস্থান ঃ** কারবনের মত বিচিত্র, বহুরূপী ও ব্যাপকভাবে অবস্থিত মৌল আর নাই। একই কারবন উজ্জ্বল হীরক, কালো কয়লা, মোমের মত নরম গ্রাফাইট আবার লোহার চেয়ে শক্ত কারবোনাডো রূপে পাওয়া যায়। প্রকৃতিতে কারবনকে মুক্ত ও যুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায়। (i) **মুক্ত কারবন ঃ** কারবন হীরক (diamond) ও গ্রাফাইট (graphite) রূপে স্ফটিকাকারে (crystalline) এবং কয়লারূপে (coal) অনিয়তাকারে (amorphous) পাওয়া যায়। কয়লায় অবশ্য কারবন ছাড়া অন্য মৌল (যথা H_2, N_2, S) ও অনেক জৈব যৌগও থাকে।

(ii) **যুক্ত কাববন ঃ** কারবনকে যুক্ত অবস্থায় প্রাণী ও উদ্ভিদজাত প্রত্যেক জৈব দ্রব্যে পাওয়া যায়। ইহাকে হাইড্রোজেনের সঙ্গে হাইড্রোকারবনরূপে পেট্রোলিয়ামে ও মার্স গ্যাসে পাওয়া যায়। ইহাকে অক্সিজেন ও হাইড্রোজেনের সঙ্গে কার্বোহাইড্রেটে (carbohydrate) ও ইহাকে অক্সিজেন, হাইড্রোজেন

ও নাইট্রোজেনের সঙ্গে প্রোটিনে (protein), কারবোনেটরূপে ডলোমাইটে ($MgCO_3,CaCO_3$) চুনাপাথরে ও মার্বেলপাথরে ($CaCO_3$) এবং বায়ুর কারবন ডাই-অক্সাইডে পাওয়া যায়। কারবনের যৌগের সংখ্যা বিপুল এবং সমস্ত প্রাণী ও উদ্ভিদজাত দ্রব্য মূলতঃ কারবন দ্বারা গঠিত বলিয়া ইহার বিষয় **জৈব** (Organic) **রসায়ন** নামে ভিন্ন শাস্ত্রে আলোচিত হয়।

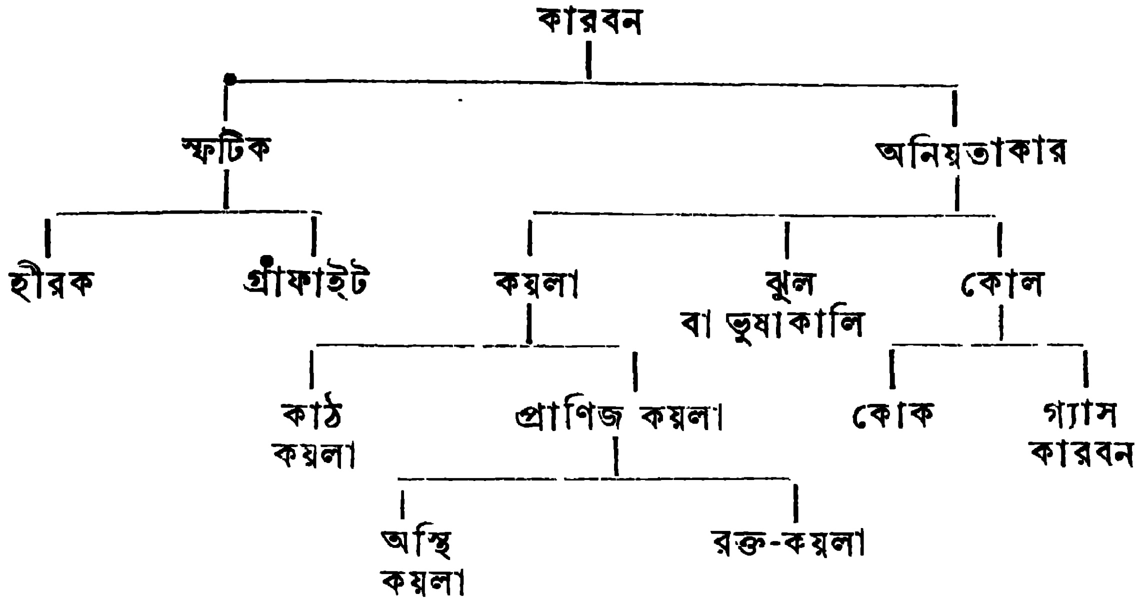
৩৬নং চিত্র—উপরে কয়লা, নীচে বামদিকে হীরক ও ডানদিকে গ্রাফাইট।

৭৭। **বহুরূপতা** (**Allotropy ; Allos-another, tropos-form**) : অনেক সময় দেখা যায় একই মৌল বিভিন্ন অবস্থায় বিভিন্ন ধর্মসম্পন্ন হয়। যে গুণের দ্বারা একই মৌল বিভিন্ন ধর্মসম্পন্ন বিভিন্নরূপে আত্মপ্রকাশ করে তাহাকে **বহুরূপতা** বলে। বিভিন্ন রূপের মধ্যে ভৌতিক ধর্মে অধিক পার্থক্য এবং রাসায়নিক ধর্মে কিছু কিছু পার্থক্য দেখা যায়। কম সাধারণ মৌলকে সাধারণ মৌলের বহুরূপ (allotrope) বলে। ওজোন অক্সিজেনের বহুরূপ। ফসফরাস, গন্ধক ও কারবনের বহুরূপ আছে। বহুরূপতার কারণ এইরূপ: (i) মৌলের কেলাসনের পদ্ধতির পার্থক্য (ii) মৌলের অণুতে পরমাণুর সংখ্যার তারতম্য যেমন অক্সিজেন (O_2) ও ওজোন (O_3). (iii) অণুতে পরমাণুর ব্যবস্থাপনার (arrangement) তারতম্য যথা কারবন ও গন্ধকের বহুরূপ। (iv) বহুরূপে অনেক সময় প্রাপ্য শক্তির তারতম্য হয়। রম্বিক গন্ধক তাপে মনোক্লিনিক গন্ধকে পরিণত হয়, সুতরাং মনোক্লিনিক গন্ধকে শক্তি অধিক থাকে।

৭৮। **কারবনের বহুরূপ** : কারবন **স্ফটিকাকারে** ও **অনিয়তাকারে** পাওয়া যায়।

স্ফটিক কারবন : হীরক ও গ্রাফাইট ; **অনিয়তাকার কারবন** : কাঠকয়লা (wood charcoal), প্রাণিজ কয়লা (animal charcoal),

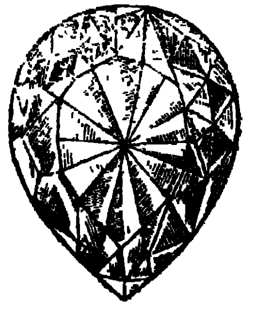
ঝুল (lampblack), কয়লা (coal), কোক (coke), গ্যাস কারবন (gas carbon).



অনেকে মনে করেন যে পাথুরে কয়লা বা কোল সমস্বত্ব (homogeneous) পদার্থ নহে। ইহাতে সামান্য মুক্ত কারবন থাকে। আধুনিক রঞ্জন-রশ্মি (X-ray) পরীক্ষা দ্বারা সুনিশ্চিতভাবে দেখা গিয়াছে যে কোক ভুষাকালি কয়লা প্রভৃতি গ্রাফাইটের রূপ। সুতরাং কারবনের দুইটি রূপ।

৭৯। স্ফটিক কারবন ঃ

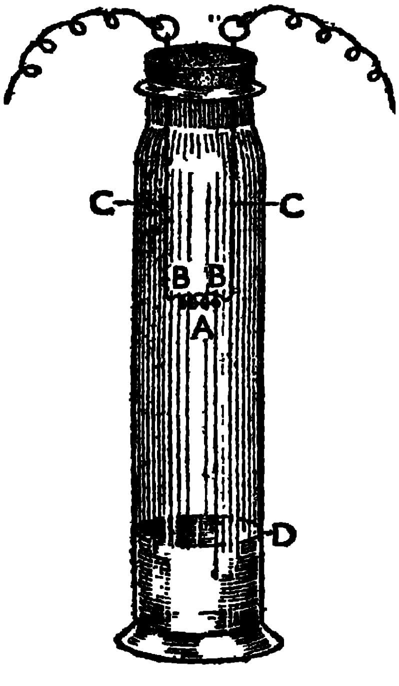
(i) **হীরক ঃ** খনিজ হীরক ব্রেজিল, দক্ষিণ-আফ্রিকা, ভারত ও যুক্তরাষ্ট্রে অষ্টতল (octahedral) বা ঘনক (cubical) স্ফটিকরূপে পাওয়া যায়। হীরকের খনিতে হীরক পাথরের সহিত মিশ্রিত থাকে। খনিজ হীরকের বড় টুকরাগুলি জল বাতাসে ফেলিয়া রাখা হয়। এই পদ্ধতিতে বড় টুকরা ভাঙ্গিয়া ছোট টুকরায় পরিণত হয়। ছোট টুকরাগুলি যন্ত্রের সাহায্যে আরোও ছোট করিয়া জলের সহিত মিশাইয়া চর্বি মাখানো টেবিলের উপর দিয়া প্রবাহিত করানো হয়। ভারী ক্ষুদ্র হীরকের টুকরাগুলি থিতাইয়া চর্বিতে আটকাইয়া যায়। দক্ষিণ আফ্রিকার খনি হইতে পৃথিবীর 96% হীরক সরবরাহ হয়। হীরককে ক্যারেটে (carat) বা রতিতে ওজন করা হয়। আমাদের দেশে কুঁচের ওজন এই ক্যারেট। ক্যারেট = 0·2 গ্রাম = 3·17 গ্রেন। বিখ্যাত বড় হীরকের নাম—কোহিনুর 186 ক্যারেট, হোপ 44·5


৩৭নং চিত্র—বিখ্যাত কোহিনুর হীরক।

ক্যারেট, কুলিনান (Cullinan) 3032 ক্যারেট। অন্যান্য অশুদ্ধির জন্য হীরকের বর্ণ নীল, সবুজ, কালো, ধূসর বা লাল হয়।

হীরকের ধর্ম ঃ ভৌত ধর্ম ঃ বর্ণহীন হীরক বিশুদ্ধতম কারবন। (ii) বিশুদ্ধ হীরক বর্ণহীন, স্বচ্ছ, উজ্জ্বল কেলাসিত কঠিন। বোর্ট বা কারবোনাডো হীরক অস্বচ্ছ ও কালো, বর্ণহীনতা ও স্বচ্ছতার জন্য হীরকের টুকরাগুলিকে কাটিয়া বহুতল করিলে টুকরার ভিতরে আলোকের পূর্ণপ্রতিফলন মূল্য নির্দ্ধারিত হয়। সাধারণ হীরকের পূর্ণপ্রতিফলন (total reflection) হয়। সেইজন্য হীরককে উজ্জ্বল দেখায়। ইহার প্রতিসরাঙ্ক (refractive index) খুব বেশী। (iii) ইহা সকল তরলে অদ্রাব্য। (iv) ইহা কঠিনতম (hardest) পদার্থ। কোন বস্তুই হীরকের গায়ে আঁচড় কাটে না। ইহা ঘনতম কারবন ; আঃ গুঃ 3·5। (v) ইহা তাপ ও বিদ্যুতের অপরিবাহী। (vi) আসল হীরকের ভিতর দিয়া রঞ্জন-রশ্মি (X-ray) অতিক্রম করে কিন্তু নকল হীরকের ভিতর দিয়া অতিক্রম করে না। এই পরীক্ষা দ্বারা আসল হীরক চেনা যায়।

রাসায়নিক ধর্ম : (i) হীরক খুব নিষ্ক্রিয় পদার্থ ; ইহা অ্যাসিড, ক্ষার, ক্লোরিন বা পটাসিয়াম ক্লোরেট দ্বারা আক্রান্ত হয় না। (ii) ইহা গলিত (fused) সোডিয়াম কারবনেট দ্বারা জারিত হইয়া কারবন মনোক্সাইড উৎপন্ন করে ; $Na_2CO_3 + C = Na_2O + 2CO$.



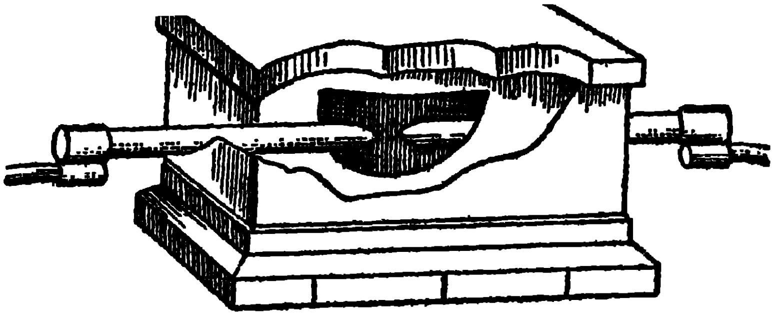
৩৮নং চিত্র—অক্সিজেনে হীরকের দহন

(iii) 1000°C উষ্ণতায় ইহা সালফারের বাষ্প দ্বারা আক্রান্ত হয়। পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ও গাঢ় H_2SO_4এর সহিত হীরককে উত্তপ্ত করিলে CO_2 গ্যাস উৎপন্ন হয়। (iv) ইহাকে অক্সিজেনে বা বায়ুতে 800°তে উত্তপ্ত করিলে কারবন ডাইঅক্সাইড উৎপন্ন হয়।

একটি বড় অক্সিজেন পূর্ণ চোঙের ভিতর C,C কপার তার B,B সর্পিল প্লাটিনাম তার দিয়া জোড়া আছে। সর্পিল তারের ভিতর কারবোনাডো (কালো হীরক) রাখা হয়। কপার তারের শেষ প্রান্ত ব্যাটারির সঙ্গে যোগ করিলে প্লাটিনাম তার লাল হয়।

হীরক পুড়িয়া CO_2 হয়। ইহাতে পরিষ্কার চুনের জল (D) দিলে ইহা ঘোলাটে হয়।

কৃত্রিম হীরক ঃ ময়সাঁ (Moissan) কারবনের মুচিতে লোহা হইয়া তড়িৎ-চুল্লীতে মুচিকে 4000°Cতে উত্তপ্ত করেন। ইহাতে লোহা গলিয়া যায়। ইহাতে চিনি হইতে উৎপন্ন কয়লা (Sugar chiarcoal) দ্রবীভূত করেন। তিনি দ্রবীভূত মিশ্রণ সহ উত্তপ্ত মুচিকে হঠাৎ 327°C উষ্ণতায় গলিত সীসায় ডোবান। এইভাবে দ্রুত শীতল হইবার ফলে উপরের গলিত লোহা কঠিন হইয়া ভিতরের কারবনের উপর প্রচণ্ড চাপ দেয়। কারবন খুব ক্ষুদ্র হীরক ও গ্রাফাইটরূপে কেলাসিত হয়। লোহাকে HCl-এ দ্রবীভূত করিলে কৃত্রিম হীরকের স্ফটিক পাওয়া যায়। এই কৃত্রিম হীরকের দাম প্রাকৃতিক হীরকের চেয়ে বেশী পড়ে বলিয়া এই পদ্ধতি পরিত্যক্ত হয়।



৬৯নং চিত্র—ময়সাঁর তড়িৎ-চুল্লীতে কৃত্রিম হীরক প্রস্তুত।

ব্যবহার ঃ (i) হীরক অলঙ্কারে রত্নরূপে এবং শক্ত বলিয়া কাচ কাটিবার জন্য ব্যবহৃত হয়। (ii) কারবোনাডো (Carbonado) ও বোর্ট (Bort) কালো হীরক বলিয়া পাথর কাটার ও পালিশের কাজে ব্যবহৃত হয়।

গ্রাফাইট ঃ (i) গ্রাফাইটকে সাইবেরিয়ায়, ভারতে, সিংহলে, ইটালিতে ও যুক্তরাষ্ট্রে প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায়। ইহার খনিজের নাম প্লাম্বাগো (Plumbago).

(ii) **কৃত্রিম গ্রাফাইটের পণ্য-উৎপাদন ঃ** গ্রাফাইটের প্রচুর চাহিদা বলিয়া ইহাকে পণ্য হিসাবে উৎপাদন করা হয়। (১) কয়লা বা কোক (97 ভাগ) ও লোহাকে (3 ভাগ) তড়িৎ-চুল্লীতে 3000°Cতে উত্তপ্ত করিলে মিশ্রণকে হঠাৎ শীতল করিলে কৃত্রিম গ্রাফাইট পাওয়া যায়।

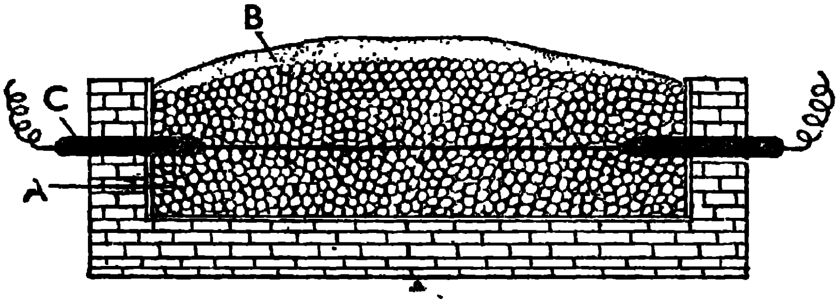
(২) **অ্যাকেসন (Acheson) পদ্ধতি ঃ** অগ্নিসহ ইষ্টকনির্মিত প্রকাণ্ড

তড়িৎ চুল্লীতে বালি (SiO_2) ও গুড়া কোকের মিশ্রণে (A) দুইটি কারবন দণ্ড (C) প্রবেশ করানো থাকে। মিশ্রণের উপর বালি (B) ঢাকা দেওয়া থাকে। কারবন-দণ্ডের সাহায্যে মিশ্রণে উচ্চ ভোল্টের তড়িৎ প্রবাহিত করিয়া মিশ্রণকে 24-30 ঘণ্টা যাবৎ তীব্রভাবে (4000°C উষ্ণতায়) উত্তপ্ত করা হয়। প্রথমে সিলিকন কারবাইড (SiC) উৎপন্ন হয়। তৎপরে উহা উচ্চ উষ্ণতায় বিশ্লিষ্ট হইয়া গ্রাফাইট (C) ও সিলিকন উৎপন্ন করে। সিলিকন উচ্চ উষ্ণতায় বাষ্পীভূত হয় এবং গ্রাফাইট পড়িয়া থাকে।

$$SiO_2 + 3C = SiC + 2CO \;;\; SiC = Si + C \text{ (গ্রাফাইট)}$$

নায়গ্রা জলপ্রপাত হইতে উৎপন্ন বিদ্যুৎ দ্বারা সস্তায় গ্রাফাইট উৎপাদন সম্ভব হইয়াছে।

গ্রাফাইটের ধর্ম ঃ ভৌত ধর্ম (i) গ্রাফাইট নরম, মসৃণ, ধূসর ষটকোণী (hexagonal) স্ফটিকাকার, চবির মত পিচ্ছিল এবং ধাতুর মত উজ্জ্বল পদার্থ।



৪০নং চিত্র—তড়িৎ-চুল্লীতে গুঁড়া কোক ও বালি উত্তপ্ত করিয়া গ্রাফাইট প্রস্তুত হয়।

(ii) ইহার ঘনত্ব 2·25। (iii) ইহা ধাতুর মত তাপের ও বিদ্যুতের উত্তম পরিবাহী। (iv) ইহাকে কাগজে ঘষিলে দাগ পড়ে। সেইজন্য ইহাকে কালো সীস (black lead) বা প্লাম্বাগো (plumbago) বলে এবং ইহার নাম 'গ্রাফাইট' হইয়াছে। (গ্রীক কথা Grapho—I write যে লেখে।)

রাসায়নিক ধর্ম ঃ (i) গ্রাফাইট তাপে গলে না। (ii) অক্সিজেন গ্যাসে 700°Cতে উত্তপ্ত করিলে ইহা কারবন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে। (ii) পটাসিয়াম ক্লোরেট, নাইট্রিক অ্যাসিড ও সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণের সঙ্গে গ্রাফাইই 100°Cর নীচে উত্তপ্ত করিলে ইহা গ্রাফাইটিক (graphitic) অ্যাসিডে পরিণত হয়। $K_2Cr_2O_7$ ও H_2SO_4এর মিশ্রণের সহিত গ্রাফাইটকে উত্তপ্ত করিলে CO_2 উৎপন্ন হয়। গ্রাফাইট ক্লোরিনের

সঙ্গে 500°C উষ্ণতায় CF_4 গঠন করে। Na_2CO_3 গ্রাফাইটকে CO_2তে পরিণত করে; $Na_2CO_3 + C = Na_2O + 2CO_2$.

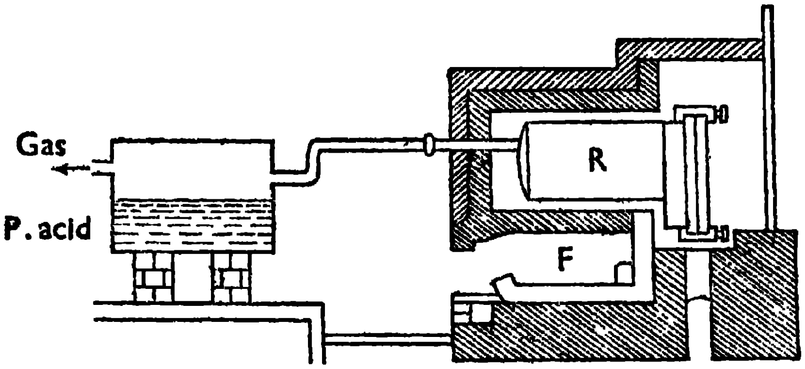
ব্যবহারঃ গ্রাফাইট লেড্-পেন্সিল প্রস্তুতে, পিচ্ছিলকারক তৈলের উপাদানরূপে (lubricating oil), লোহার দ্রব্য ও বারুদ পালিশ করিতে ব্যবহৃত হয়। ইহা তড়িৎ ও তাপের সুপরিবাহী বলিয়া তড়িৎ-চুল্লী প্রস্তুতে এবং তড়িৎ-বিশ্লেষণে তড়িৎ-দ্বাররূপে ব্যবহৃত হয়। ইহা উত্তাপসহ মুচি প্রস্তুতে, টাইপ প্রস্তুতে এবং শুষ্ক ব্যাটারিতে, ট্যানিন-মিশ্রিত জলে, ভাল পিচ্ছিলকারক-রূপে (lnbricant) এবং পারমাণবিক শক্তি উৎপাদনে রি-অ্যাকটরে (reactor) ভিতর ব্যবহৃত হয়।

৮১। অনিয়তাকার কারবন ঃ

কয়লা (Charcoal) ঃ অধিক কারবনযুক্ত দ্রব্যকে (যথা কাঠ, চিনি, হাড়, রক্ত) অন্তর্ধূমপাতন-প্রণালীতে বদ্ধ জায়গায় অল্প বায়ুতে আংশিক পোড়াইলে বিভিন্ন কয়লা পাওয়া যায়।

(ক) **কাঠ-কয়লা** (Wood Charcoal) ঃ প্রঃ প্রঃ ঃ

(i) বৃহৎ বদ্ধ লোহার বক্‌যন্ত্রে (R) খণ্ড খণ্ড কাঠকে পেঁসাই করিয়া বাহির হইতে 30 ঘণ্টা তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে কঠিন কাঠ-কয়লা বকযন্ত্রে পড়িয়া থাকে এবং একটি নির্গম-নল দিয়া উদ্বায়ী বস্তু বাহির হয়। নির্গত উদ্বায়ী বস্তুকে শীতল করিলে উহার খানিকটা গ্যাসরূপে থাকে এবং খানিকটা তরলে পরিণত হয়। গ্যাসে মিথেন, CO, H_2 প্রভৃতি দাহ্য গ্যাস থাকে। এই গ্যাস-মিশ্রণকে কাঠ-গ্যাস (wood gas) বলে। ইহা জ্বালানিরূপে ব্যবহৃত হয়। তরল পদার্থ দুই অংশে ভাগ হইয়া যায়।



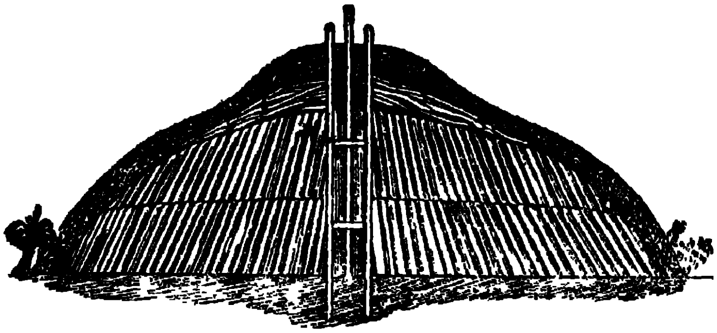
৪১নং চিত্র—বকযন্ত্রে কাঠ আংশিক পোড়াইয়া কাঠ-কয়লা প্রস্তুত হয়।

উপরের অংশকে পাইরোলিগ্নাস অ্যাসিড (Pyroligneous acid) বলে। ইহা হইতে মিথাইল কোহল (CH_3OH), অ্যাসেটিক অ্যাসিড (CH_3COOH), অ্যাসিটন (CH_3COCH_3) পাওয়া যায়। নীচের অংশের আল্কাতরা হইতে ফিনোল জাতীয় মূল্যবান পদার্থ পাওয়া যায়। আবার কাঠ-গ্যাস জ্বালাইয়া বক্‌যন্ত্র উত্তপ্ত করা হয়।

(ii) মাটির ভিতর গর্তে বা চুল্লীতে কাঠ গাদা করিয়া উপরে মাটি ও ঘাসের চাপড়া চাপা দিয়া নীচে আগুন ধরানো হয়। গ্যাস বাহির হইবার জন্য মাত্র একটি পথ থাকে। কিছু কাঠ পুড়িয়া যায়। সেই তাপে বাকী কাঠগুলি কয়লায় পরিণত হয়। এই প্রণালীতে কাঠের উদ্বায়ী দ্রব্যগুলি নষ্ট হয়।

(খ) **শর্করা-কয়লা** (Sugar Charcoal) পরে দেখ।

(গ) **প্রাণিজ কয়লা** (Animal charcoal) :—(i) **অস্থি-কয়লা** (Bone charcoal বা Bone black) : জীবজন্তুর হাড়ের ছোট ছোট টুকরা প্রথমে জলে ফুটাইয়া চর্বি দূর করা হয়। বদ্ধ লোহার বকযন্ত্রে চর্বিমুক্ত হাড় বায়ুহীন পরিবেশে পোড়াইলে যন্ত্রে একটি কাল অবশেষ থাকে। ইহাকে অস্থি-কয়লা বলে। ইহাকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে গরম করিয়া পরিস্রাবণ করিয়া এবং অবশেষকে ধুইয়া, শুকাইয়া গুঁড়া করিলে Ivory Black নামক কয়লা পাওয়া যায়। বকযন্ত্র হইতে যে তরল পাতিত হয় তাহাতে অ্যামোনিয়া, পিরিডিন ও অস্থি-তৈল (Bone-oil) থাকে।



৪২নং চিত্র—মাটির নীচে গর্ত করিয়া কাঠ আংশিক পোড়াইয়া কাঠ-কয়লা প্রস্তুত হয়।

(ঘ) **রক্ত-কয়লা** :—কসাইখানার রক্তের অন্তর্ধূম পাতন হইতে ইহা পাওয়া যায়।

(ঙ) **উজ্জীবিত (Activated) কয়লা*** ঃ (i) নারিকেলের মালাকে বায়ুহীন পরিবেশে অন্তর্ধূম পাতন প্রণালীতে পোড়াইলে উজ্জীবিত কয়লা পাওয়া যায়।

(ii) করাতের গুঁড়ার ও গাছের ডালপালার অন্তর্ধূমপাতনে প্রাপ্ত অবশেষকে প্রথমে কস্টিক সোডার দ্রবণে, পরে জলে ফুটাইলে কালো দ্রব্য পাওয়া যায়। ইহাকে বায়ুশূন্য আধারে উত্তপ্ত করিলে উজ্জীবিত কয়লা পাওয়া যায়।

(iii) সাধারণ কাঠ কয়লার গুড়াকে $ZnCl_2$-এর দ্রবণে উত্তপ্ত করিয়া দ্রবণকে পরিস্রুত করিলে অবশেষে উজ্জীবিত কয়লা পাওয়া যায়।

(চ) **বিশুদ্ধ কয়লা ঃ শর্করা-কয়লা** (Sugar charcoal) ঃ **নীতি ঃ** ইক্ষু শর্করাকে (cane sugar—$C_{12}H_{22}O_{11}$) উত্তপ্ত করিলে বা ইহাতে গাঢ় সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড দিলে ইহা নিরুদিত (dehydrated) হয় এবং কারবন ও অন্যান্য দ্রব্য উৎপন্ন হয়।

বিশুদ্ধ চিনিকে অন্তর্ধূমপাতন প্রণালীতে উত্তপ্ত করা হয়। এই কয়লার সহিত কিছু H_2 মিশ্রিত থাকে। উৎপন্ন অঙ্গারকে ক্লোরিন গ্যাসে উত্তপ্ত করা হয়। ক্লোরিন H_2কে অপসারিত করে। ইহাকে শীতল করিয়া শুকাইতে হয়।

গাঢ় শর্করা-দ্রবণে গাঢ় সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত করিলে সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড শর্করা হইতে জলের উপাদান টানিয়া লয়। মুক্ত কারবনকে জলে ধৌত, পরিস্রুত ও শুষ্ক করিয়া ক্লোরিন গ্যাস-প্রবাহে উষ্ণ করিলে বিশুদ্ধ কারবন পাওয়া যায়।

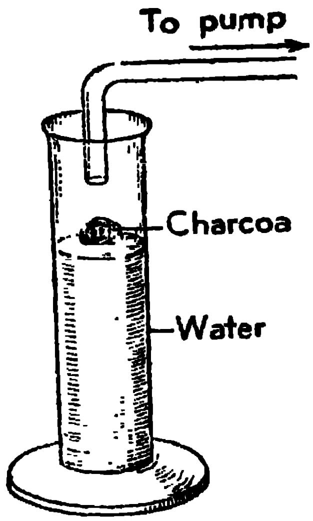
৮২। **কয়লার ধর্ম ঃ ভৌত ধর্ম ঃ** (i) কয়লা কালো, নরম, খুব সছিদ্র (porus) কঠিন পদার্থ। (ii) ইহার আঃ গুঃ 1·4—1·9 অর্থাৎ জল হইতে ভারী। কিন্তু ইহার সূক্ষ্ম ছিদ্রের মধ্যে বায়ু থাকে বলিয়া ইহা জলে ভাসে এবং ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব প্রায় 0·2 হয়।

পরীক্ষা ঃ (ক) একটি চোঙের অর্ধেক জলে ভর্তি করিয়া তাহাতে কয়লা ফেল। কয়লা জলে ভাসে। চোঙের মুখে কর্কের মধ্য দিয়া একটি

---

* যে কয়লা গ্যাসে বা তরলে ভাসমান প্রচুর ময়লা শোষণ করিতে পারে তাহাকে উজ্জীবিত কয়লা বলে।

কাচনল লাগাও। কাচনলের সহিত বায়ু-পাম্প যোগ কর। পাম্প চালাইয়া চোঙের বায়ু বাহির কর। এই অবস্থায় কয়লার ছিদ্র হইতেও বায়ু চলিয়া যায়। কয়লার ছিদ্রে জল ঢোকে। কয়লা ধীরে ধীরে জলে ডোবে।

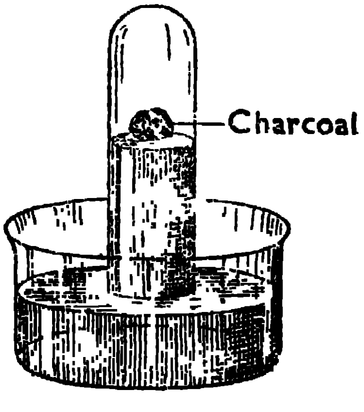


৪৩নং চিত্র—কয়লা হইতে বায়ু বাহির হয় এবং কয়লা জলে ডোবে।

শোষণ ক্ষমতা (Power of adsorption) ঃ কয়লা ছিদ্রের মধ্যে গ্যাস শোষণ করিয়া রাখে। গ্যাস ছিদ্রের গায়ে আকৃষ্ট হইয়া লাগিয়া থাকে। গ্যাস কয়লায় দ্রবীভূত হয় না বা ইহা কয়লার সহিত রাসায়নিক ক্রিয়া করে না বা কাঠকয়লার অভ্যন্তরেও প্রবেশ করে না। এই ঘটনাকে **বহির্ধৃতি** (Adsorption) বলে। গ্যাস অপেক্ষা অধিক উদ্বায়ী তরলের বাষ্প অধিক শোষিত হয়। উজ্জীবিত কয়লার শোষণ-ক্ষমতা খুব বেশী। আবার এই শোষিত গ্যাস খুব ক্রিয়াশীল। কয়লাকে পুনরায় উত্তপ্ত করিলে শোষিত গ্যাস বাহির হয়।

পরীক্ষা ঃ (ক) একখণ্ড কয়লা খুব উত্তপ্ত কর। কয়লার ছিদ্র হইতে বায়ু চলিয়া যায়। পারদের উপর স্থাপিত অ্যামোনিয়া গ্যাসপূর্ণ জারে এই বায়ুমুক্ত কয়লাখণ্ডকে ঢোকাও। কয়লা অ্যামোনিয়া গ্যাস শোষণ করে। শূন্য স্থান পূরণ করিবার জন্য পারদ জারের মধ্যে উপর দিকে উঠে। উজ্জীবিত কয়লা ইহার 180 গুণ আয়তনের অ্যামোনিয়া গ্যাস শোষণ করে।

(খ) ক্লোরিন গ্যাসপূর্ণ জারে বায়ুমুক্ত কয়লা রাখ। কয়লা ক্লোরিন শোষণ করে। এই ক্লোরিনযুক্ত কয়লাকে অন্ধকারে হাইড্রোজেন পূর্ণ গ্যাসজারে রাখিলে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন গ্যাস অন্ধকারেও যুক্ত হয়।



৪৪নং চিত্র—কয়লা অ্যামোনিয়া গ্যাস শোষণ করে।

গ্যাস ছাড়াও কাঠ-কয়লা কোন কোন দ্রবণ হইতে দ্রাবটিকে বহির্ধৃত করিয়া রাখিতে পারে। সুতরাং ইহা স্বাদ অপসারক (de-odoriser) ও বর্ণ অপসারকের (de-coloriser) কাজ করে।

কুইনাইন সালফেটের দ্রবণকে বায়ুমুক্ত কয়লার মধ্য দিয়া ছাঁকিলে ইহার তিক্ত আস্বাদ থাকে না।

(গ) লিটমাসের দ্রবণে বা নীলের (indigo) দ্রবণে বা ময়লা চিনির দ্রবণের ভিতর উজ্জীবিত কয়লা বা প্রাণীজ কয়লা দিয়া কিছুক্ষণ ঝাঁকাও। তৎপরে দ্রবণকে ফিল্টার কর। কয়লা রঙিন দ্রবণকে শোষণ করে এবং পরিস্রুত বর্ণহীন হয়।

(iv) কয়লা তাপ ও তড়িতের কুপরিবাহী।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ (i) অক্সিজেন পরিবেশে কয়লা প্রায় 400°Cতে, গ্রাফাইট 700°Cতে, হীরক 800°Cতে, জ্বলিয়া কারবন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে।

(ii) ফ্লোরিনে ইহা স্বতঃই জ্বলিয়া উঠিয়া কারবন ফ্লোরাইড (CF_4) গঠন করে। (গ্রাফাইট 500°Cতে, হীরক 700°Cতে CF_4 গঠন করে)।

(iii) কয়লা জলে, ক্ষারে, অজারক অ্যাসিডে অদ্রাব্য। ক্লোরিনে, ব্রোমিনে, আয়োডিনে কয়লা নিষ্ক্রিয় থাকে।

(iv) কয়লা গাঢ় উষ্ণ নাইট্রিক অ্যাসিড ও গাঢ় উষ্ণ সালফিউরিক অ্যাসিডকে বিজারিত করে এবং ইহা জারিত হয়।

$$C+2H_2SO_4=CO_2+2SO_2+2H_2O.$$

$$C+4HNO_3=CO_2+4NO_2+2H_2O.$$

(iv) কয়লা তীব্র **বিজারক**। ইহা ধাতব অক্সাইডকে (যথা CuO, PbO, Fe_2O_3, ZnO, SnO_2) উচ্চ উষ্ণতায় বিজারিত করে (Al_2O_3 বিজারিত হয় না); $CuO+C=Cu+CO$; $Fe_2O_3+3C=2Fe+3CO$। লোহিত তপ্ত কয়লা (কোক) স্টীমকে বিজারিত করিয়া হাইড্রোজেন ও কারবন মনোক্সাইডে পরিণত করে এবং কারবন ডাই-অক্সাইডকে বিজারিত করিয়া কারবন মনোক্সাইডে পরিণত করে।

$H_2O+C=H_2+CO$ (জলগ্যাস) ; $CO_2+C=2CO.$

(v) উচ্চ তাপে কয়লা ও হাইড্রোজেন যুক্ত হইয়া মিথেন (CH_4) হয়। হাইড্রোজেনের পরিবেশে কারবন তড়িৎ-দ্বারে তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গ সৃষ্টি করিলে অ্যাসেটিলিন (acetylene-C_2H_2) উৎপন্ন হয়।

(vi) উচ্চ উষ্ণতায় কারবন সালফারের সঙ্গে যুক্ত হইয়া কারবন ডাই-সালফাইড, নাইট্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া সায়ানোজেন এবং ক্যালসিয়াম,

আয়রন, অ্যালুমিনিয়াম প্রভৃতি ধাতুর সঙ্গে যুক্ত হইয়া এই সকল ধাতুর কারবাইড গঠন করে।

$C + 2S = CS_2$ (কারবন ডাই-সাল্‌ফাইড)

$2C + N_2 = (CN)_2$ (সায়ানোজেন)

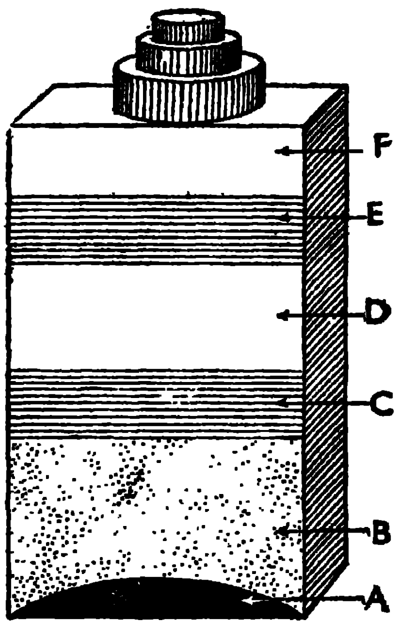
$Ca + 2C = CaC_2$ (ক্যালসিয়াম কারবাইড)

$4Al + 3C = Al_4C_3$

৮১। কয়লার ব্যবহার : (১) কাঠ-কয়লা জ্বালানিরূপে, ধাতুবিদ্যায় বিজারকরূপে, পরিস্রাবক (filter) রূপে, গাদা বারুদে ও বাজীতে, দূষিত বাষ্প শোষকরূপে ব্যবহৃত হয়। Charcoal biscuit ঔষধরূপে পেটের বায়ু শোষণ কার্যে ব্যবহৃত হয়।

(২) প্রাণীজ কয়লা চিনি-শোধনে, ivory black রং হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

(৩) উজ্জীবিত কয়লা গ্যাস-মুখোস (gas mask) প্রস্তুতে, চিনি ও তৈল শোধনে ব্যবহৃত হয়। গ্যাস-মুখোসে পর পর কপার সাল্‌ফেটের দ্রবণযুক্ত উজ্জীবিত কয়লার স্তর (A), শুধু উজ্জীবিত কয়লার স্তর (B), কস্টিক সোডার স্তর (C), তুষার স্তর (D), ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের স্তর (E) এবং কপার অক্সাইড ও ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইডের মিশ্রণের স্তর (F) থাকে। বিষাক্ত গ্যাস এই সকল স্তরের মধ্য দিয়া যাইয়া বিশুদ্ধ হইয়া নাকে বা মুখে প্রবেশ করে।



৬৫নং চিত্র—গ্যাস-মুখোস।

৮২। ভূষা কয়লা (Lampblack) : প্রদীপে বা হ্যারিকেনে বায়ু কম হইলে কালি পড়ে। কেরোসিন তৈল, তার্পিণ তৈল, পেট্রোলিয়াম, আলকাতরা প্রভৃতিতে অধিক কারবন থাকে। ইহাদিগকে অল্প বায়ুতে জ্বালাইলে প্রচুর কালো ধোঁয়া নির্গত হয়। এই ধোঁয়া একটি ঘরে মোটা কম্বলে জমিলে ভূষা পড়ে। ইহাকে আঁচড়াইয়া লইতে হয়। ইহা ছাপা কালি, স্টোভপালিশ, জুতার কালি ও কালো রঞ্জক প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়।

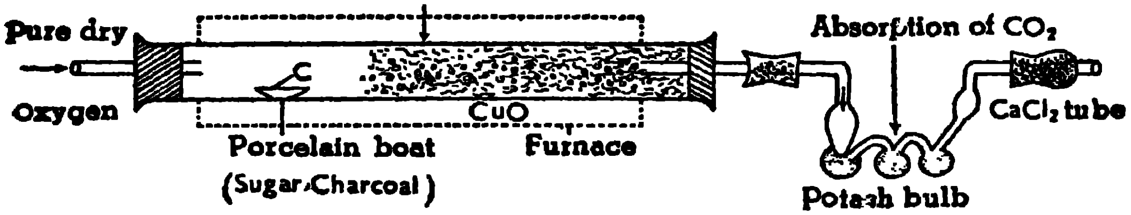
৮৩। পাথুরে কয়লার উপাদানঃ ইহা অতি অশুদ্ধ কারবন। ইহাতে মুক্ত (free) কারবন সামান্য থাকে। ইহাতে H_2, N_2, S প্রভৃতি মৌল ও অনেক জৈব জাতীয় পদার্থ মিশ্রিত থাকে। শুষ্ক উদ্ভিদের দেহে শতকরা 50% কারবন থাকে। প্রচুর উদ্ভিদ সম্পদ সহ বৃহৎ অরণ্য কোনও প্রাকৃতিক কারণে, যথা ভূমিকম্পে, ভূ-আন্দোলনে প্রভৃতিতে ভূগর্ভে প্রোথিত হইয়া ভূপৃষ্ঠের চাপে ও ভূগর্ভের তাপে যুগ যুগ যাবৎ পরিবর্তিত হইয়া কয়লায় পরিণত হইয়াছে। উদ্ভিদ হইতে কয়লায় পরিণতির বিভিন্ন স্তরে কয়লার কারবনের পরিমাণ বাড়িতে থাকে : কাঠ (50%C), পিট (peat 60%C), লিগ্‌নাইট (lignite 67%C), বিটুমিনাস (bituminous) বা নরম কয়লা (88·4%C), অ্যানথ্রাসাইট (anthracite 94%C) বা শক্ত কয়লা। বিটুমিনাস কয়লা জ্বালাইলে ধোঁয়া, গ্যাস ও উদ্বায়ী বস্তু উৎপন্ন হয়।

পাথুরে কয়লার ব্যবহারঃ ইহা জ্বালানিরূপে এবং কোল্‌-গ্যাস ও কৃত্রিম পেট্রোল প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়। এক গ্রাম কয়লা অক্সিজেনে পোড়াইলে যে তাপ উদ্ভূত হয় তাহাকে **তাপ-উৎপাদনী** মূল্য (calorific value) বলে। কয়লার দাম এই তাপমূল্যের উপর নির্ভর করে।

৮৪। কোক্‌ (Coke) কয়লা ও গ্যাস-কারবন (Gas Carbon)ঃ কোল্‌-গ্যাস উৎপাদনে লোহার বকযন্ত্রে পাথুরে কয়লার অন্তর্ধূমপাতনের পর বকযন্ত্রের নীচের দিকে কোক্‌-কয়লা এবং উপর দিকে উৎক্ষেপরূপে গ্যাস-কারবন উপজাত হিসাবে পাওয়া যায়। অন্তর্ধূমপাতনে অধিক উষ্ণতায় হার্ডকোক এবং কম উষ্ণতায় সফ্‌ট (soft) কোক পাওয়া যায়। কোক তাপ ও বিদ্যুতের কুপরিবাহী কিন্তু গ্যাস-কারবন সুপরিবাহী। কোক জ্বালানিরূপে ও ধাতুবিদ্যায় বিজারকরূপে ব্যবহৃত হয়। গ্যাস-কারবন আর্ক-আলো উৎপাদনে ও ব্যাটারির তড়িৎদ্বাররূপে এবং ডায়নামোর ও মোটরের ব্রাশ প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়।

৮৫। প্রমাণ কর হীরক, গ্রাফাইট প্রভৃতি বহুরূপ একই মৌল কারবন দ্বারা গঠিতঃ নীতিঃ বিশুদ্ধ হীরক, গ্রাফাইট, শর্করা-কয়লা প্রভৃতিকে পৃথকভাবে ওজন করিয়া বিশুদ্ধ শুষ্ক অক্সিজেনে পোড়ানো হয়। উদ্ভূত কারবন ডাই-অক্সাইড গ্যাসকে পূর্বে ওজন-করা কস্টিক পটাশ দ্রবণ পূর্ণ বাল্‌বে শোষণ করানো হয়। প্রত্যেক ক্ষেত্রে এক গ্রাম বস্তু হইতে উদ্ভূত কারবন ডাই-অক্সাইডের ওজন সমান হয়।

পরীক্ষা : পোর্সলেন বোটে (C) একটু বিশুদ্ধ শর্করা-কয়লা ওজন করিয়া শক্ত দীর্ঘ কাচনলের এক প্রান্তে রাখ। নলের অধিকাংশ স্থান কপার অক্সাইড (CuO) দ্বারা পূর্ণ কর। কাচনলের দুই মুখের কর্কের মধ্য দিয়া দুইটি সরু নল প্রবেশ করাও। বামদিকে সরু নল দিয়া শুষ্ক অক্সিজেন প্রবেশ করাও। ডানদিকের সরু নল পূর্বে ওজন-করা কয়েকটি কস্টিক পটাশপূর্ণ বাল্‌বের ও শেষে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডপূর্ণ ছোট নলের সঙ্গে যুক্ত কর।



৪৬নং চিত্র—একই পরিমাণ বিভিন্ন কারবন পৃথকভাবে পোড়াইলে একই পরিমাণ CO_2 উৎপন্ন হয়।

প্রথমে কপার অক্সাইডকে দীপ জ্বালাইয়া লোহিত তপ্ত (red hot) কর। তৎপরে বোটকে উত্তপ্ত কর এবং সঙ্গে সঙ্গে অক্সিজেন অতিক্রম করাও। কারবন পুড়িয়া কারবন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। উহা পটাশ বালবে শোষিত হয়। যদি কিছু কারবন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয় তবে উহা CuO দ্বারা জারিত হইয়া কারবন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। পটাশ বালবকে ও ক্যাল্‌সিয়াম ক্লোরাইড নলকে একত্রে শীতল করিয়া ওজন কর। পূর্বের ও পরের ওজনের পার্থক্য = কারবন ডাই-অক্সাইডের ওজন। বোটকে শীতল করিয়া ওজন কর। পূর্বের ও পরের ওজনের পার্থক্য = কয়লার ওজন।

শর্করা-কয়লার পরিবর্তে হীরক, গ্রাফাইট, প্রাণীজ কয়লা, কাঠ-কয়লা প্রভৃতিকে বিশুদ্ধ অবস্থায় উপরোক্ত প্রণালীতে পরীক্ষা করিলে দেখা যাইবে যে সর্বক্ষেত্রে একই ওজনের উপরোক্ত দ্রব্য হইতে উদ্ভূত CO_2-এর পরিমাণ একই হয়।

৮৬। কারবনের বহুরূপের তুলনা :

১। হীরক, গ্রাফাইট ও পাথুরে কয়লা প্রকৃতিতে পাওয়া যায়। অন্যগুলি কৃত্রিম উপায়ে প্রস্তুত হয়। ২। হীরক বর্ণহীন, বাকি সব কালো বর্ণের। ৩। হীরক ও গ্রাফাইট কেলাসিত, বাকিগুলি অনিয়তাকার। ৪। হীরক দীপ্তিমান, গ্রাফাইট ও অ্যান্‌থ্রাসাইট চক্‌চকে, বাকি সব অনুজ্জ্বল। ৫। হীরক কঠিনতম পদার্থ, কোল, কোক্ ও গ্যাস-কারবন কঠিন পদার্থ

বাকী সব পদার্থ তত শক্ত নয়। ৬। গ্রাফাইট ও গ্যাস-কারবন তাপ ও বিদ্যুতের সুপরিবাহী। বাকি সব তাপ ও বিদ্যুতের অপরিবাহী। ৭। কয়লা সছিদ্র, বাকি সব ছিদ্রশূন্য (nonporous)। ৮। সকলেই অক্সিজেনে বিভিন্ন উষ্ণতায় জ্বলিয়া কারবন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে।

কারবনের অক্সাইড (Oxides of Carbon)

কারবন ডাই-অক্সাইড (Carbon Dioxide)

সূত্র—CO_2 ; আ: ওজন—44 ; ঘনাঙ্ক—22.

কারবনের দুইটি অক্সাইড যথা কারবন মনোক্সাইড CO, কারবন ডাই-অক্সাইড CO_2.

৮৭। কারবন ডাই-অক্সাইডের অবস্থান :

(i) কারবন ডাই-অক্সাইড মুক্ত অবস্থায় বায়ুতে (1·04% আয়তন), ঝরণার জলে ও কয়লাখনিতে পাওয়া যায়। বায়ুতে সামান্য পরিমাণে থাকিলেও এই গ্যাস জীবজগতের পক্ষে অতি মূল্যবান ও প্রয়োজনীয় বস্তু। বায়ুর CO_2 হইতে উদ্ভিদ কারবন সংগ্রহ করিয়া উদ্ভিদের খাদ্য প্রস্তুত করে। এই খাদ্য প্রাণীও ভক্ষণ করে। এই গ্যাস প্রাণীর প্রশ্বাসে, কারবনযুক্ত দ্রব্যের দহনে, জৈব দ্রব্যের দহনে, জৈব দ্রব্যের পচন ক্রিয়ায় উৎপন্ন হইয়া বায়ুতে মিশিয়া যায়। অনেক সময় ভূগর্ভ হইতে এই গ্যাস ভূপৃষ্ঠের ফাটল দিয়া বাহির হইয়া বায়ু অপেক্ষা ভারী বলিয়া ভূপৃষ্ঠের ঠিক উপরিভাগেই থাকিয়া যায়। এই গ্যাসের পরিবেশে কোন প্রাণী বাঁচে না। কারণ ইহা শ্বাসকার্যের সহায়ক নহে। ফলে এইরূপ CO_2 গ্যাসপূর্ণ স্থানে কোন প্রাণী যাইলে অক্সিজেন অভাবে দম বন্ধ হইয়া মরিয়া যায়। জাভায় মৃত্যু-উপত্যকার (Valley of Death) বা ইটালীর নেপলস্ শহরের নিকটে মারণ খাদের নিম্নদেশে এই গ্যাসের তিন ফিট গভীর স্তর আছে। এই উপত্যকায় যে কোন প্রাণী যাইলে মরিয়া যায়।

(ii) চুনের সঙ্গে যুক্ত অবস্থায় কারবন ডাই-অক্সাইড ক্যালসিয়াম কারবনেটে ($CaCO_3$) পরিণত হয়। ইহা চুনাপাথর, মার্বেল পাথর ও খড়িমাটির উপাদান। কারবন ডাই-অক্সাইড ম্যাগ্‌নেসিয়াম অক্সাইডের সঙ্গে ম্যাগ্‌নেসিয়াম কারবনেট ($MgCO_3$) গঠন করে। ইহাকে ম্যাগ্‌নেসাইট নামক খনিজ পদার্থে উহা পাওয়া যায়। খনিজ ডলোমাইটে (Dolomite $CaCO_3$ $MgCO_3$) কারবন ডাই-অক্সাইড যুক্ত অবস্থায় আছে।

1630 খৃস্টাব্দের ভন হেলমন্ট (Von Helmont) এই গ্যাস আবিষ্কার করেন। ল্যাভয়সিয়র প্রমাণ করেন যে ইহা একটি অক্সাইড।

৮৮। কারবন ডাই-অক্সাইডের প্রস্তুত-প্রণালী: পরীক্ষাগার প্রণালী :—

নীতি : কারবনেট ও বাইকারবনেট কারবনিক অ্যাসিডের লবণ। কারবনেট বা বাইকারবনেটের উপর লঘু খনিজ অ্যাসিড ঢালিলে প্রথমে কারবনিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় কিন্তু ইহা দুঃস্থিত ও ক্ষীণ অ্যাসিড। সেইজন্য ইহা সঙ্গে সঙ্গে বিয়োজিত হইয়া CO_2 ও জল উৎপন্ন করে; $H_2CO_3 = H_2O + CO_2$. সাধারণতঃ মার্বেল পাথরের ($CaCO_3$) উপর লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ক্রিয়ায় কারবন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয় :

$$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + CO_2.$$

পরীক্ষা : একটি উল্‌ফ-বোতলে (C) কিছু মার্বেলের ছোট টুকরা (A) লও। কর্কের সাহায্যে বোতলের এক মুখে একটি দীর্ঘনল ফানেল (thistle funnel) এবং অপর মুখে নির্গম-নল প্রবেশ করাও। এই নির্গম-নলের সঙ্গে রবার নলের সাহায্যে সমকোণে বাঁকানো অপর নির্গম নল যুক্ত কর। শেষোক্ত নলের শেষপ্রান্ত একটি সোজাভাবে বসানো গ্যাস-জারের (D) ভিতরে রাখ। সাবধানে দীর্ঘনাল ফানেলের শেষপ্রান্ত সব সময়েই তরলে ডুবাইয়া রাখিবে। ফানেল দিয়া লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ঢাল। তৎক্ষণাৎ কারবন ডাই-অক্সাইডের বুদ্‌বুদ্‌ উঠিতে আরম্ভ করে। কারবন ডাই-অক্সাইড বায়ু অপেক্ষা ভারী বলিয়া ইহা বায়ুর ঊর্ধ্ব অপসারণ দ্বারা গ্যাস-জারে জমে। গ্যাস-জারের মুখে একটি জ্বলন্ত কাঠি প্রবেশ করাইলে তৎক্ষণাৎ ইহা সম্পূর্ণ নিবিয়া যায়। ইহাই কারবন ডাই-অক্সাইডের অস্তিত্বের একটি পরীক্ষা।

বিশুদ্ধীকরণ : এই কারবন ডাই-অক্সাইডে কিছু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বাষ্প মিশ্রিত থাকে। ইহাকে অ্যাসিডমুক্ত করিবার জন্য সোডিয়াম বাইকারবনেট দ্রবণের মধ্য দিয়া এবং শুষ্ক করিবার জন্য গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্য দিয়া অতিক্রম করাইয়া পারদের উপর সংগ্রহ করিলে বিশুদ্ধ ও শুষ্ক কারবন ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায়।

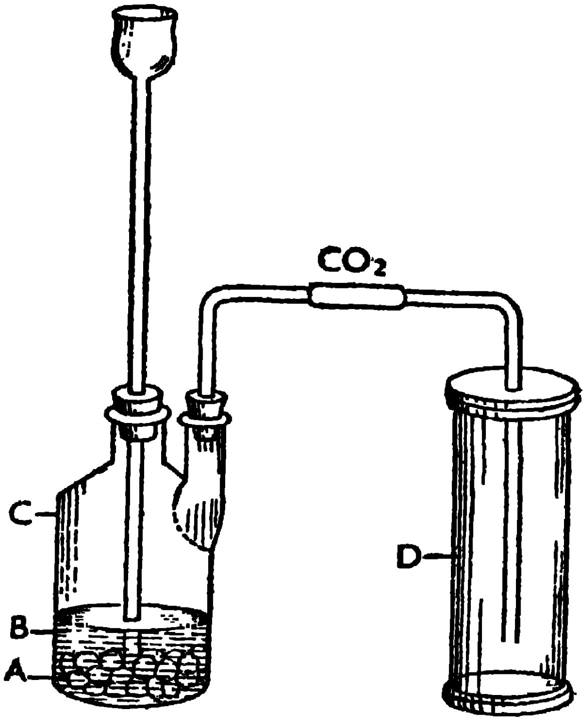
দ্রষ্টব্য : মার্বেলের সঙ্গে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড ক্রিয়া করিলে প্রথমে ক্যাল্‌সিয়াম সালফেট ও কারবন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয় কিন্তু ক্যাল্‌সিয়াম

সালফেট জলে অদ্রাব্য বলিয়া মার্বেলের উপরে একটি স্তর গঠন করে। ইহাতে সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড মার্বেলের আর সংস্পর্শে আসে না এবং অ্যাসিডের ক্রিয়া বন্ধ হয়। সেইজন্য মার্বেল হইতে কারবন ডাই-অক্সাইড উৎপাদনে সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয় না।

$$CaCO_3 + H_2SO_4 = CaSO_4 + H_2O + CO_2.$$

ম্যাগনেসিয়াম কারবনেট বা সোডিয়াম কারবনেটের সঙ্গে সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা চলে।

(ii) পরীক্ষাগারে প্রয়োজনানুসারে এই গ্যাস সরবরাহের জন্য কিপযন্ত্রের উপরের গ্লোবে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড এবং মধ্যের গ্লোবে মার্বলের টুকরা রাখা হয় নির্গম-নলের স্টপ কক খুলিলে গ্যাস পাওয়া যায়।



৪৭নং চিত্র—মার্বেল ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ক্রিয়ায় CO_2 উৎপন্ন হয়।

(iii) কারবন (কোক) ও যে কোন জৈব পদার্থ (তৈল, কাঠ, মোম) অতিরিক্ত বায়ুতে বা অক্সিজেনে পোড়াইলে কারবন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয় ; $C + O_2 = CO_2$.

যদি কার্বন কম অক্সিজেনে পোড়ানো যায় তবে কারবন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয়।

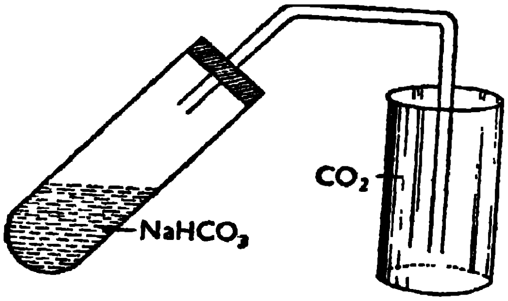
(iv) ধাতব কারবনেটকে (সোডিয়াম, পটাসিয়াম ও বেরিয়াম কারবনেট ব্যতীত) এবং বাইকারবনেটকে উত্তপ্ত করিলে কারবন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$CaCO_3 = CaO + CO_2 \; ; \; 2NaHCO_3 = Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O.$$

$$MgCO_3 = MgO + CO_2, \; PbCO_3 = PbO + CO_2$$

পরীক্ষা : একটি মোটা পরীক্ষা-নলে কিছু গুঁড়া সোডিয়াম বাইকারবনেট লও। ইহার মুখে কর্ক দিয়া একটি বাঁকান নির্গম-নল লাগাও। নির্গম-নলের

অপর প্রান্ত একটি গ্যাস-জারের মধ্যে রাখ। পরীক্ষা-নলকে খুব উত্তপ্ত কর; উৎপন্ন গ্যাস CO_2 জারের ভিতর জমে। উহার মধ্যে জ্বলন্ত কাঠি দাও। উহা নিবিয়া যায়।



৪৮নং চিত্র—$NaHCO_3$কে উত্তপ্ত করিলে CO_2 উৎপন্ন হয়।

বিশুদ্ধ কারবন ডাই-অক্সাইড ঃ বিশুদ্ধ সোডিয়াম বাইকারবনেটকে উত্তপ্ত করিলে বিশুদ্ধ কারবন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। এই গ্যাসকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্য দিয়া অতিক্রম করাইয়া পারদের উপর সংগ্রহ করিতে হয়।

পণ্য-উৎপাদন ঃ (i) চুনাপাথর ($CaCO_3$) হইতে চুন প্রস্তুতের সময় প্রচুর কারবন ডাই-অক্সাইড উপজাত (bye-product) হিসাবে পাওয়া যায়। [৩৮০ পৃষ্ঠা দেখ] (ii) চিনি বা গুড় হইতে ঈষ্ট (yeast) দ্বারা গাজন বা সন্ধান প্রক্রিয়ায় (fermentation) কোহল প্রস্তুতের সময় প্রচুর কারবন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়; (একাদশ শ্রেণীর পুস্তকে বিশদ আলোচনা আছে।)

$$C_6H_{12}O_6 = 2C_2H_5OH + 2CO_2$$

(iii) লোহিততপ্ত কোকের বা কয়লার উপর দিয়া অতিরিক্ত বায়ু অতিক্রম করাইলে কারবন-ডাইঅক্সাইড ও নাইট্রোজেনের মিশ্রণ পাওয়া যায়। এই মিশ্রণকে গাঢ় শীতল পটাসিয়াম কারবনেটের দ্রবণের মধ্যে দিয়া অতিক্রম করাইলে পটাসিয়াম বাইকারবনেট পাওয়া যায় এবং নাইট্রোজেন পৃথক হয়। এই বাইকারবনেট দ্রবণকে ফুটাইলে কারবন ডাইঅক্সাইড পুনরুৎপাদিত হয়; $K_2CO_3 + H_2O + CO_2 = 2KHCO_3$.

(iv) উত্তপ্ত কয়লার উপর দিয়া 600°C উষ্ণতায় স্টীম অতিক্রম করাইলে কারবন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়; $C + 2H_2O = CO_2 + 2H_2$.

(v) ম্যাগ্নেসাইট বা সোডিয়াম কারবনেটের উপর লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের ক্রিয়ায় প্রচুর কারবন-ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

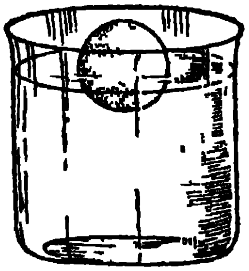
উপরোক্ত যে কোন উপায়ে উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডকে চাপে তরল করিয়া চোঙে (cylinder) ভর্তি করিয়া বাজারে বিক্রয় করা হয়।

৮৯। কারবন ডাই-অক্সাইডের ধর্ম ঃ ভৌত ধর্ম ঃ (i) কারবন ডাইঅক্সাইড বর্ণহীন, ঈষৎ গন্ধ ও টক স্বাদযুক্ত গ্যাস। (ii) ইহা বিষাক্ত

না হইলেও ইহাতে জীবজন্তু থাকিলে অক্সিজেনের অভাবে দম বন্ধ হইয়া মরিয়া যায়।

(iii) **উচ্চ ঘনাঙ্ক ঃ** কারবন ডাই-অক্সাইড বায়ু অপেক্ষা দেড় গুণ ভারী ঃ

পরীক্ষা ঃ (ক) কারবন ডাই-অক্সাইডপূর্ণ গ্যাস-জারে বায়ুপূর্ণ সাবানের বুদবুদ রাখিলে উহা গ্যাসে ভাসিতে থাকে।

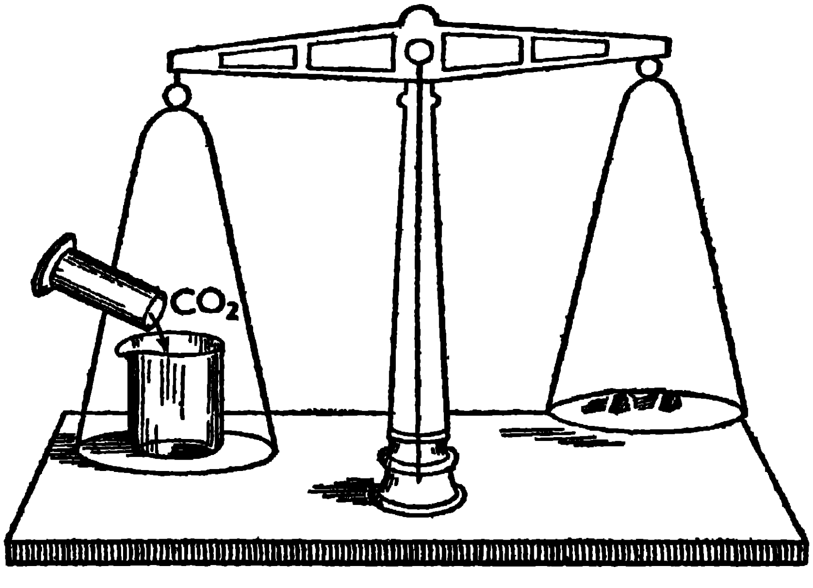


৪৯নং চিত্র — CO_2 গ্যাসে বায়ুপূর্ণ সাবানের বুদবুদ ভাসিতেছে।

(খ) যেরূপ জল এক পাত্র হইতে অন্য পাত্রে ঢালা যায় সেইরূপ এই গ্যাসকে এক পাত্র হইতে অন্য বায়ুপূর্ণ পাত্রে ঢাল। দ্বিতীয় পাত্রে পরিষ্কার চুনের জল দাও। চুনের জল ঘোলাটে হয়।

(গ) তুলাযন্ত্রের এক পাল্লায় একটি বীকার রাখিয়া অপর পাল্লায় ওজন রাখিয়া ইহাকে সম-ওজন (counterpoise) কর। গ্যাস-জার হইতে বীকারে কারবন ডাই-অক্সাইড ঢাল। বীকারের পাল্লা ভারী গ্যাসের জন্য নীচের দিকে নামে।

অব্যবহৃত কূপে এই গ্যাস নীচের দিকে জমে। এইরূপ কূপে মানুষ নামিলে মরিয়া যায়। কূপে জ্বলন্ত দীপশিখা নিবিয়া যাইলে বুঝিতে হইবে যে উহার মধ্যে CO_2 আছে।



৫০নং চিত্র—বামদিকের বীকারে CO_2 ঢালিলে সেই দিকে ওজন বেশী হয়।

(iv) **কারবন ডাই-অক্সাইড জলে দ্রাব্য ঃ** 15°C উষ্ণতায় এক আয়তন জল এক আয়তন গ্যাসকে দ্রবীভূত করে। চাপ বৃদ্ধি করিয়া উহার জলে

দ্রাব্যতা বাড়ানো যায়। সেইজন্য সোডাওয়াটারের বোতলে অতিরিক্ত চাপে অধিক পরিমাণ CO_2 গ্যাস জলে দ্রবীভূত থাকে। বোতলের ছিপি খুলিলে গ্যাসের চাপ হ্রাস হয় এবং অতিরিক্ত গ্যাস বুদ্‌বুদের আকারে বাহির হয়।

(v) তরল ও কঠিন কারবন ডাই-অক্সাইড : কারবন ডাইঅক্সাইড প্রায় 40 বায়ুর চাপে 0°C উষ্ণতায় তরল হয়। এই অবস্থায় গ্যাসকে স্টীলের চোঙে ভর্তি করিয়া বিক্রয় করা হয়। চোঙের মুখ হঠাৎ খুলিয়া দিলে চাপ কমিয়া যায় এবং তরল কারবন-ডাই-অক্সাইড দ্রুত বাষ্পীভূত হয়। তরল হইতে গ্যাসীয় অবস্থায় যাইবার সময় উহা এত লীন তাপ শোষণ করে যে তরলের কিয়দংশ কঠিন কারবন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। কঠিন CO_2কে **শুষ্ক বরফ** (Dry Ice) বলে, কারণ উহা গলিয়া তরল না হইয়া সরাসরি বাষ্প হয়। ইহার গায়ে কোন তরল CO_2 থাকে না। তরল ও কঠিন কারবন ডাই-অক্সাইড হিমায়করূপে (cooling agent) ব্যবহৃত হয়। ইথারের সহিত কঠিন কারবন ডাই-অক্সাইড মিশ্রিত করিলে মিশ্রণের উষ্ণতা—80°C পর্যন্ত নামিয়া আসে। ইহাকে থিলোরিয়ারের (Thilorier) মিশ্রণ বলে। কঠিন কারবন ডাই-অক্সাইড ইথার বা অ্যাসিটোনে দ্রবীভূত হয়।

পরীক্ষা : একটি বড় কর্কের মধ্যে গর্ত করিয়া কিছু পারদ রাখ। পারদের উপর শুষ্ক বরফ রাখ। শুষ্ক বরফ বাষ্পীভূত হইবার সময় এত তাপ গ্রহণ করে যে পারদ জমিয়া কঠিন হয়।

রাসায়নিক ধর্ম : (i) কারবন ডাই-অক্সাইড জলে দ্রবীভূত করিলে দ্রবণে দুঃস্থিত ও ক্ষীণ কারবনিক অ্যাসিড (H_2CO_3) গঠিত হয়। সেইজন্য দ্রবণ আম্লিক হয়। CO_2 আম্লিক অক্সাইড। এই দ্রবণকে ফুটাইলে কারবন ডাই-অক্সাইড পুনরায় উৎপন্ন হয়। জল হইতে পৃথক করিয়া বিশুদ্ধ কারবনিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায় না। $CO_2+H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3$.

পরীক্ষা : ক্ষীণ নীল লিটমাস দ্রবণের মধ্য দিয়া কারবন ডাই-অক্সাইড গ্যাস অতিক্রম করাও। দ্রবণ ফিকে লাল হয়। দ্রবণকে ফুটাও। কারবন ডাই-অক্সাইড গ্যাস পলাইয়া যায়। দ্রবণ পুনরায় নীল হয়।

(ii) কারবন ডাই-অক্সাইড আম্লিক অক্সাইড বলিয়া ক্ষারের সহিত ক্রিয়া করিয়া কারবনেট গঠন করে, যথা :—

(ক) কারবন ডাই-অক্সাইড চুনের জলের [$Ca(OH)_2$ সহিত সাদা অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম কারবনেট ($CaCO_3$) গঠন করে। উহা চুনের জলকে

ঘোলা করে। অতিরিক্ত কারবন ডাই-অক্সাইড গ্যাস দ্রবণে অতিক্রম করাইলে অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম কারবনেট দ্রাব্য বাইকারবনেটে পরিণত হয়। চুনের জল পুনরায় পরিষ্কার হয়। উহাকে ফুটাইলে বাইকারবনেট বিশ্লিষ্ট হয় এবং কারবনেট পুনরায় অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 \text{ (অদ্রাব্য)} + H_2O.$$

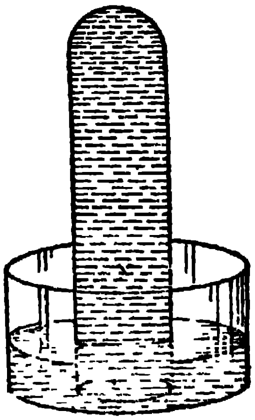
$$CaCO_3 + H_2O + CO_2 = Ca(HCO_3)_2 \text{ (দ্রাব্য)।}$$

$$Ca(HCO_3)_2 = CaCO_3 + CO_2 + H_2O.$$

এই পরীক্ষা দ্বারা সামান্য কারবন ডাই-অক্সাইডের অস্তিত্ব ধরা পড়ে।

(খ) কস্টিক সোডা ও কস্টিক পটাশ দ্বারা কারবন ডাই-অক্সাইড শোষিত হইয়া সোডিয়াম কারবনেট গঠিত হয়। ইহা জলে দ্রাব্য।

পরীক্ষাঃ কারবন ডাই-অক্সাইডপূর্ণ গ্যাস-জারে একটু কস্টিক সোডা বা কস্টিক পটাশ দ্রবণ ঢাল। জারের মুখে ঢাকনা দিয়া জারকে ভালরূপে নাড়িয়া দাও। এখন জারকে জলের মধ্যে উপুড় করিয়া ঢাকনা সরাও। জল উঠিয়া সমস্ত জার ভর্তি করে।



৫১নং চিত্র—NaOH দ্রব
CO_2 দ্রবীভূত হয় এবং জা
জলে পূর্ণ হয়।

$$2NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O.$$

অতিরক্ত কারবন ডাই-অক্সাইডে সোডিয়াম বাইকারবনেট গঠিত হয়।

$$Na_2CO_3 + H_2O + CO_2 = 2NaHCO_3.$$

(গ) কারবন ডাই-অক্সাইড ক্ষারীয় অক্সাইড, যথা সোডিয়াম, পটাসিয়াম বা ক্যালসিয়াম অক্সাইডের সঙ্গে ক্রিয়া করিয়া আনুষঙ্গিক কারবনেট উৎপন্ন করে।

$$Na_2O + CO_2 = Na_2CO_3. \quad CaO + CO_2 = CaCO_3.$$

(iii) কারবন ডাই-অক্সাইড দাহ্য নহে এবং দহনের সহায়ক নহে। সেইজন্য উহা ছোট ছোট অগ্নিকাণ্ডে আগুন নিবাইবার জন্য অগ্নিনির্বাপক যন্ত্রে (fire ex-tinguisher) ব্যবহৃত হয়। উহা ভারী বলিয়া অক্সিজেনকে সরাইয়া সেই স্থান দখল করে। সেইজন্য আগুন নিবিয়া যায়।

এই গ্যাসে জ্বলন্ত ম্যাগ্‌নেসিয়াম, পটাসিয়াম বা সোডিয়াম জ্বলিতে

থাকে এবং কারবন মুক্ত হয় এবং ধাতব অক্সাইড বা কারবনেট গঠন করে। ইহার কারণ এই সকল ধাতুর দহনের সময় এত তাপ উদ্ভূত হয় যে, এই গ্যাস বিয়োজিত হইয়া অক্সিজেন উৎপন্ন করে। এই অক্সিজেনের দ্বারা দহন ক্রিয়া সম্পন্ন হয়। $4Na+3CO_2=2Na_2CO_3+C$.

পরীক্ষা : (ক) কারবন ডাই-অক্সাইডপূর্ণ গ্যাস-জারে জ্বলন্ত বাতি প্রবেশ করাও। বাতি নিবিয়া যায়, এবং গ্যাস জ্বলে না।

(খ) একটি চওড়া ডিসে খানিকটা বেনজিন (benzene) বা কেরোসিন রাখিয়া উহাতে আগুন দাও। শিখার উপর কারবন ডাই-অক্সাইড গ্যাস ঢাল। শিখা তৎক্ষণাৎ নিবিয়া যায়।

(গ) গ্যাস-জারে একটি জ্বলন্ত ম্যাগ্‌নেসিয়াম তার প্রবেশ করাও। উহা জ্বলিতে থাকে। ম্যাগ্‌নেসিয়াম অক্সাইড গঠিত হয় এবং কারবন মুক্ত হয় ; $2Mg+CO_2=2MgO+C$.

এই অবশেষকে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে ফুটাও। ম্যাগ্‌নেসিয়াম অক্সাইড দ্রবীভূত হয়। দ্রবণকে ছাঁক। কারবন ফিল্‌টার কাগজে পড়িয়া থাকে। উহাকে অক্সিজেনে পুড়াইলে যে গ্যাস পাওয়া যায় তাহা চুনের জলকে ঘোলা করে। এই পরীক্ষা প্রমাণ করে যে, কারবন ডাই-অক্সাইডে **কারবন** আছে।

(iv) লোহিত তপ্ত কারবন, জিঙ্ক বা লোহার উপর দিয়া কারবন ডাই-অক্সাইড অতিক্রম করাইলে উহা বিজারিত হইয়া কারবন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয় ; $CO_2+C=2CO$; $CO_2+Zn=ZnO+CO$.

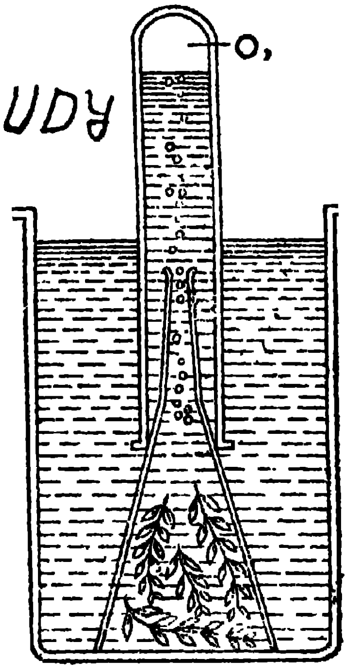
(v) বায়ুর কারবন ডাই-অক্সাইড সূর্যালোকে উদ্ভিদের সবুজ অংশ (chlorophyll) দ্বারা বিশ্লিষ্ট হয়। উদ্ভিদ কারবনকে দেহসাৎ করে। অক্সিজেন মুক্ত হইয়া বায়ুতে মিশে।

$$6CO_2+5H_2O=C_6H_{10}O_5+6O_2.$$

পার্শ্বের চিত্রে কিরূপে ঝাঁঝির সবুজ অংশ সূর্যালোকে কারবন ডাই-অক্সাইডকে বিশ্লিষ্ট করে দেখানো হইয়াছে। বীকারের জলে পূর্ব হইতে CO_2 দ্রবীভূত করানো হইয়াছে। পরীক্ষা-নলের গ্যাসে অর্ধদগ্ধ কাঠি দিলে ইহা প্রজ্বলিত হয়। ইহা অক্সিজেন।

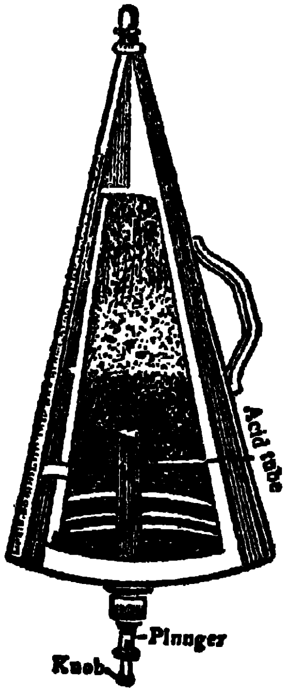
(vi) কারবন ডাই-অক্সাইড তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গ দ্বারা অক্সিজেন ও কারবন মনোক্সাইডে বিয়োজিত হয়; $CO_2 \rightleftharpoons CO + O$.

STUDY



৫২নং চিত্র—CO_2 ক্লোরোফিল দ্বারা বিশ্লিষ্ট হয় এবং অক্সিজেন উদ্ভূত হয়।

৯০। **ব্যবহার :** (i) সোডাওয়াটার, লেমোনেড প্রভৃতি বাতান্বিত (aerated) পানীয় প্রস্তুতে, রুটি সেঁকিবার গুঁড়া প্রস্তুতে, অগ্নিনির্বাপকযন্ত্র প্রস্তুতে, সোডিয়াম কারবনেট, ইউরিয়া ও স্যালিসাইলিক অ্যাসিড প্রস্তুতে, চিনি শোধনে গ্যাসীয় কারবন ডাই-অক্সাইড ব্যবহৃত হয়। তরল ও কঠিন কারবন ডাই-অক্সাইড শৈত্যোৎপাদকরূপে ব্যবহৃত হয়। তরল কারবন ডাই-অক্সাইড স্টীলকে শক্ত করিতে ব্যবহৃত হয়। উদ্ভিদ ক্লোরোফিল (গাছের সবুজ অংশ) ও সূর্যের আলোকের সাহায্যে বায়ুর কারবন ডাই-অক্সাইড হইতে কারবন লইয়া খাদ্য প্রস্তুত করে এবং সমপরিমাণ অক্সিজেন বায়ুতে ছাড়িয়া দেয়। প্রাণী আবার সেই খাদ্য আহার করিয়া বাঁচিয়া থাকে।



৫৩নং চিত্র—অগ্নিনির্বাপক যন্ত্র।

৯১। **অগ্নিনির্বাপকযন্ত্র :** শঙ্কু আকৃতির শক্ত ধাতব পাত্রে সোডিয়াম কারবনেটের দ্রবণপূর্ণ এবং সালফিউরিক অ্যাসিডপূর্ণ পৃথক দুইটি কাচনল (acid tube) থাকে। একটি বর্তুলের (knob) সঙ্গে একটি দণ্ড (plunger) যুক্ত করিয়া দণ্ডটি কাচনলের নীচে লাগাইয়া রাখা হয়। বর্তুলটিকে মাটিতে জোরে আঘাত করিলে দণ্ডটি ভিতরে ঢুকিয়া কাচনলকে ভাঙ্গিয়া ফেলে। তখন অ্যাসিড সোডার দ্রবণের সংস্পর্শে আসিয়া প্রচুর কারবন ডাই-অক্সাইড উৎপাদন করে। এই অতিরিক্ত গ্যাসের চাপে জল ও গ্যাসের মিশ্রণ বেগে বাহির হইয়া আগুনের উপর নিক্ষিপ্ত হয়। আগুন নিবিয়া যায়। কয়েকটি যন্ত্রে গ্যাসের চাপে

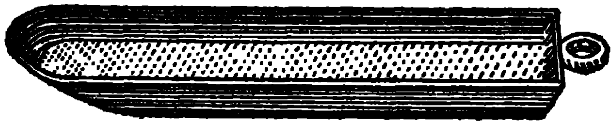
জলধারা আগুনের উপর নিঃক্ষিপ্ত হয়। তেল বা পেট্রোলের আগুন নিবাইতে যে যন্ত্র ব্যবহৃত হয় তাহাতে দুইটি নলে ফটকিরির ও সোডিয়াম বাইকারবনেটের দ্রবণ থাকে।

$$Al_2(SO_4)_3+6NaHCO_3=2Al(OH)_3+3Na_2SO_4+6CO_2.$$

এই যন্ত্রকে বড় বড় অট্টালিকায় ঝুলাইয়া রাখা হয়।

৯২। কারবন ডাই-অক্সাইডের সংযুতি: তৈলিক সংযুতি (Gravimetric composition): ডুমার পদ্ধতি: **নীতি:** নির্দিষ্ট ওজনের বিশুদ্ধ কয়লাকে বিশুদ্ধ অক্সিজেনের পরিবেশে পোড়াইয়া উৎপন্ন কারবন ডাই-অক্সাইডকে কস্টিক পটাশে শোষণ করিয়া ওজন করা হয়।

যন্ত্র: একটি শক্ত মোটা তাপসহ কাচনলকে চুল্লীর (furnace) উপর অনুভূমিকভাবে রাখ। কাচনলকে **দহন-নল** (combustion tube) বলে।



৫৪নং চিত্র—পোর্সেলেন বোট।

(i) একটি পোর্সেলেন (porcelain) নৌকায় (boat) বিশুদ্ধ শর্করা-কয়লা (sugar charcoal) ওজন করিয়া সাবধানে দহন-নলের এক প্রান্তে রাখ। (ii) দহন-নলের বাকী অংশ শুষ্ক দানাদার (granular) কপার অক্সাইড (CuO দ্বারা পূর্ণ কর। (iii) দহন-নলের দুই প্রান্তে দুইটি বায়ুনিরুদ্ধ ভাবে কর্ক লাগাও। বামপাশের কর্কের ভিতর দিয়া গ্যাস আগম-নল ও ডানপাশের কর্কের ভিতর দিয়া গ্যাস নির্গম-নল লাগাও। (iv) দহন-নলের বাম প্রান্ত আগম সরু নলের সাহায্যে শুষ্ক ও বিশুদ্ধ অক্সিজেন সরবরাহকারক যন্ত্রের সঙ্গে যোগ কর। এই অক্সিজেনকে শুষ্ক ও CO_2 মুক্ত করিবার জন্য গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ও গাঢ় কস্টিক পটাশ দণ্ডের মধ্য দিয়া অতিক্রম করাইয়া লও। (v) দহন-নলের ডান প্রান্ত ওজন-করা গাঢ় কস্টিক পটাশ দ্রবণপূর্ণ বাল্বের ও ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডপূর্ণ নলের সহিত যুক্ত কর। $CaCl_2$ নলের সহিত একটি সোডা লাইমপূর্ণ নল লাগাইয়া রাখা হয়, যাহাতে বাহিরের বায়ুর CO_2 পটাশ বালবে শোষিত না হয়। ইহাকে ওজন করা হয় না। (৩৪৪ পৃষ্ঠার ৪৬ নং চিত্র দেখ)

পরীক্ষা: (i) আগম-নল দিয়া বিশুদ্ধ শুষ্ক অক্সিজেন ধীরে ধীরে দহন নলের ভিতর দিয়া পাঠাও। প্রথমে কপার অক্সাইডের নীচের ও তৎপরে

নৌকার নীচের দীপগুলি জ্বালাও। (ii) নৌকার শর্করা-কয়লা অক্সিজেনের সহিত ক্রিয়া করিয়া কারবন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। এই কারবন ডাই-অক্সাইড অক্সিজেন-প্রবাহ দ্বারা চালিত হইয়া বাল্‌বের পটাশ দ্বারা শোষিত হয়। (ii) নলে কপার অক্সাইড রাখার উদ্দেশ্য কয়লার দহনে যদি কোন কারবন মনোক্সাইড গঠিত হয় তবে উহা নির্গম-নলের দিকে যাইবার সময় উত্তপ্ত কপার দ্বারা জারিত হইয়া কারবন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়; $CO + CuO = CO_2 + Cu$. (iv) যদি বাল্‌ব হইতে অক্সিজেন-প্রবাহে কোন জলীয় বাষ্প বিতাড়িত হয় তবে তাহা ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড দ্বারা শোষিত হয়। (v) পরীক্ষার শেষে দীপ নিবাইয়া দাও কিন্তু নল শীতল না হওয়া পর্যন্ত অক্সিজেন-প্রবাহ চালাইতে থাক। (vi) নৌকায় একটু ছাই থাকিতে পারে। ছাইশুদ্ধ নৌকা ওজন কর। $CaCl_2$-পূর্ণ নলসুদ্ধ বাল্‌বকে ওজন কর।

গণনা : মনে কর, নৌকার ওজন + কয়লার ওজন $= W$ গ্রাম
নৌকার ওজন + ছাই-এর ওজন $= W_1$ গ্রাম
$\therefore$ দগ্ধ কয়লার ওজন $= (W - W_1)$ গ্রাম
পরীক্ষায় পূর্বে পটাশ বাল্‌ব ও $CaCl_2$ নলের ওজন $= W_2$ গ্রাম
" পরে " " " " " $= W_3$ গ্রাম
$\therefore$ কারবন ডাই-অক্সাইডের ওজন $= (W_3 - W_2)$ গ্রাম।
অক্সিজেনের ওজন = কারবন ডাই-অক্সাইডের ওজন − কয়লার ওজন
$= (W_3 - W_2) - (W - W_1)$ গ্রাম

নির্ভুল পরীক্ষার দ্বারা দেখা যায় যে কারবন ডাই-অক্সাইডে

$$\frac{CO_2\text{-এর মধ্যে কারবনের ওজন}}{CO_2\text{-এর মধ্যে অক্সিজেনের ওজন}} = \frac{3}{8}$$

সুতরাং 8 ভাগ অক্সিজেন 3 ভাগ কারবনের সহিত যুক্ত হইয়া 11 ভাগ কারবন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে।

সংকেত নির্ণয় : পরীক্ষার দ্বারা জানা যায় যে, কারবন ডাই-অক্সাইডের ঘনাঙ্ক $= 22.$

সুতরাং ইহার আণবিক ওজন $M = D \times 2 = 22 \times 2 = 44$
(অ্যাভোগ্রাড্রোর বাদ)

11 গ্রাম CO_2তে কারবন 3 গ্রাম ও অক্সিজেন 8 গ্রাম আছে।

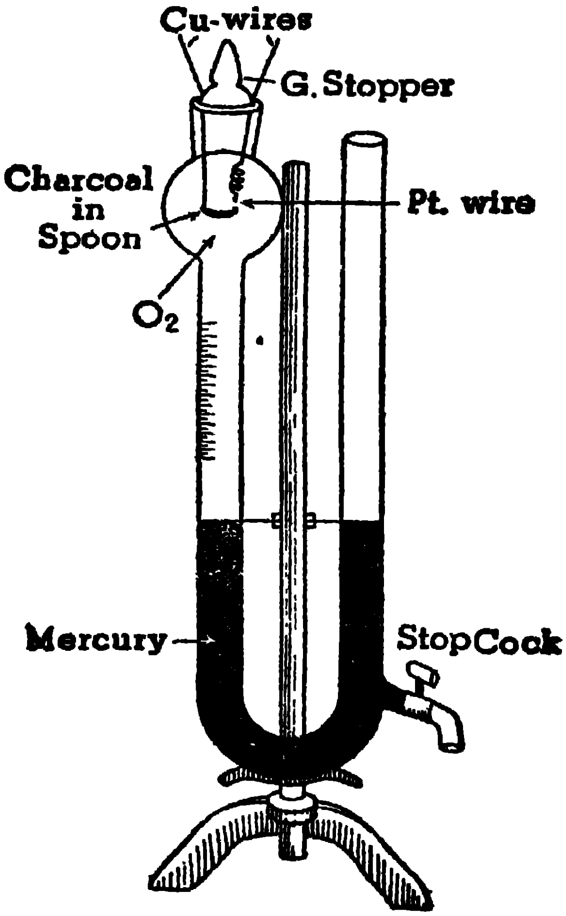
∴ 44 ভাগ কারবন ডাই-অক্সাইডের মধ্যে $3 \times 44 \div 11 = 12$ ভাগ কারবন ও $8 \times 44 \div 11 = 32$ ভাগ অক্সিজেন আছে।

কিন্তু কারবনের পরমাণুর ওজন = 12, ∴ 12 = একটি কারবন পরমাণুর ওজন
অক্সিজেনের „ „ = 16, ∴ 32 = দুইটি অক্সিজেন পরমাণুর ওজন
∴ কারবন ডাই-অক্সাইডের সংকেত = CO_2.

সাবধানতা : (i) যন্ত্রের জোড়গুলি বায়ুনিরুদ্ধ হইবে।
(ii) কপার অক্সাইড, কপার ও অক্সিজেন বিশুদ্ধ ও শুষ্ক হইবে।
(iii) ওজনগুলি অতি সাবধানে করিতে হইবে।

৯৩। আয়তনিক সংযুতি (Volumetric Composition) :

নীতি : নির্দিষ্ট আয়তনের অক্সিজেনে বিশুদ্ধ কয়লা পোড়াইয়া উৎপন্ন কারবন ডাই-অক্সাইডের আয়তন মাপা হয়।



৫৫নং চিত্র—কারবনকে অক্সিজেনে পোড়াইলে উৎপন্ন CO_2 ও O_2-এর আয়তনের কোন পরিবর্তন হয় না।

যন্ত্র : (i) U-আকৃতির গ্যাসমান যন্ত্রের (Eudiometer) এক প্রান্ত খোলা এবং অপর প্রান্তে একটি গোলক (globe) বসানো থাকে। গোলকের মুখে একটি বায়ুনিরুদ্ধ কাচের ছিপি (glass stopper) থাকে। ছিপির মধ্য দিয়া দুইটি মোটা কপারের তার প্রবেশ করানো হয়। একটি তারের প্রান্তে গোলকের মধ্যস্থলে একটি তামার চামচ (spoon) থাকে। অপর তারের প্রান্ত চামচ স্পর্শ না করিয়া একটু উপরে থাকে। (ii) একটি সরু সর্পিল (spiral) প্লাটিনাম তার চামচ ও অপর কপার তারকে যুক্ত করে। (iii) খোলা নলের নীচের দিকে একটি স্টপকক (stop-cock) থাকে।

পরীক্ষা : (i) কাচের ছিপি খুলিয়া খোলা মুখে পারদ ঢাল। (ii) স্টপকক

খুলিয়া পারদ অপসারণ দ্বারা গোলক ও বদ্ধ বাহুর কিয়দংশ বিশুদ্ধ অক্সিজেন দ্বারা পূর্ণ কর। (iii) চামচের উপর প্লাটিনাম তারের সংস্পর্শে একখণ্ড বিশুদ্ধ কয়লা রাখ। (iv) কয়লাসহ ছিপি গোলকের মুখে লাগাও। প্রয়োজনমত বাহুতে একটু পারদ ঢালিয়া বা ষ্টপকক খুলিয়া একটু পারদ অপসারণ করিয়া দুই বাহুতে পারদকে এক তলে আন। এই প্রকারে ভিতরের অক্সিজেন বাহিরের বায়ুচাপে থাকে। অক্সিজেনের আয়তন চিহ্নিত কর। (v) দুইটি তামার তারকে তড়িৎ ব্যাটারির দুই মেরুর সঙ্গে যোগ কর। প্লাটিনাম তার তাপে লাল হয় এবং কয়লাকে প্রজ্জলিত করে। ইহার ফলে কারবন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয় এবং অক্সিজেন ব্যয়িত হয়।

পর্যবেক্ষণ: (i) সমস্ত কয়লা পুড়িলে তড়িৎ-সংযোগ বিচ্ছিন্ন করিয়া যন্ত্রকে শীতল হইতে দাও। (ii) উভয় নলে পারদ তল সমান করিয়া দেখ। পারদ পূর্বেকার তলে থাকে অর্থাৎ কারবন ডাই-অক্সাইড উৎপাদনের ফলে গ্যাসের আয়তনের কোন পরিবর্তন হয় না। সুতরাং উৎপন্ন কারবন ডাই-অক্সাইডের আয়তন = ব্যয়িত অক্সিজেনের আয়তন।

সিদ্ধান্ত: একই উষ্ণতায় ও চাপে কারবন ডাই-অক্সাইডে নিজ আয়তনের সমান অক্সিজেন থাকে।

সংকেত নির্ণয়: একই উষ্ণতায় ও চাপে এক আয়তন কারবন ডাই-অক্সাইডে এক আয়তন অক্সিজেন থাকে।

অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প অনুসারে মনে কর, এক আয়তন অক্সিজেনে ‘n’ সংখ্যক অণু আছে। সুতরাং সমান চাপে ও তাপে ‘n’ সংখ্যক কারবন ডাই-অক্সাইডের অণুতে ‘n’ সংখ্যক অক্সিজেনের অণু থাকে বা একটি কারবন ডাই-অক্সাইডের অণুতে একটি অক্সিজেনের অণু বা দুইটি অক্সিজেনের পরমাণু থাকে, কারণ অক্সিজেনের অণু দ্বিপরমাণুক (diatomic)।

$\therefore$ ইহার স্থূল সংকেত C_xO_2, x = কারবনের পরমাণুর সংখ্যা। সুতরাং ইহার আণবিক ওজন $= 12x + 32$.

পরীক্ষার দ্বারা জানা যায় যে, কারবন ডাই-অক্সাইডের ঘনাঙ্ক $= 22$.

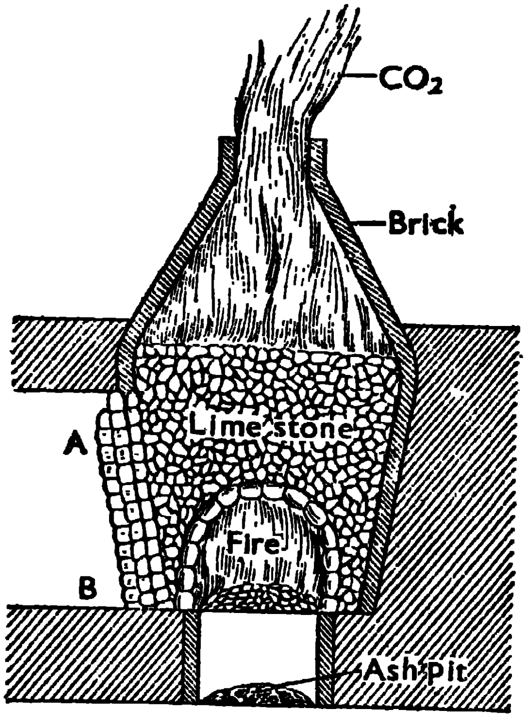
$\therefore$ ইহার আণবিক ওজন $= 22 \times 2 = 44$. ($\because M = 2D$)

$\therefore$ $12x + 32 = 44$ বা $x = 1$

$\therefore$ কারবন ডাই-অক্সাইডের সংকেত $= CO_2$

৯৪। খড়িমাটি, চুনাপাথর ও মার্বেল (Chalk, limestone, marble): এই সকল খনিজ পদার্থে ক্যালসিয়াম কারবনেট ($CaCO_3$) আছে। শামুক ও জলচর ঝিনুকেও $CaCO_3$ আছে।

চুন ও কারবন ডাই-অক্সাইড উৎপাদনঃ উপরোক্ত পদার্থকে তীব্রভাবে (1000°C) উত্তপ্ত করিলে চুন (CaO) ও কারবন ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায়; $CaCO_3 \rightleftarrows CaO+CO_2$.



৫৬নং চিত্র—চুনাপাথর পোড়াইয়া চুন-প্রস্তুত।

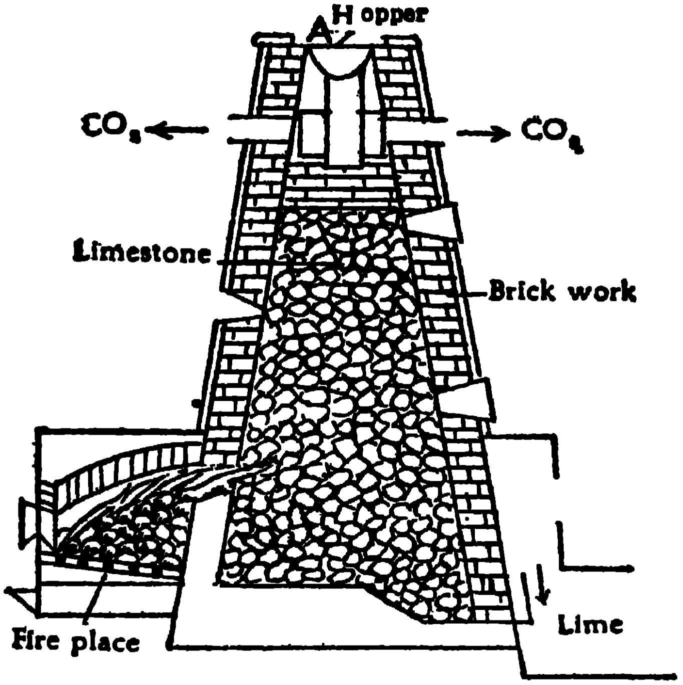
এই ক্রিয়া দ্বিমুখী। সুতরাং কারবন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হইবার সঙ্গে সঙ্গে উহাকে ক্রিয়ার আওতা হইতে সরাইয়া লইলে সমস্ত চুনাপাথর বিশ্লিষ্ট হয়। চুন-উৎপাদন দুই পদ্ধতিতে সম্পন্ন হয়।

সবিরাম পদ্ধতিঃ ইটের ভাঁটিতে (kiln) চুনাপাথরকে কাঠ বা কয়লা জ্বালাইয়া পোড়ানো হয়। উষ্ণ বায়ু-স্রোত কারবন ডাই-অক্সাইডকে উপর দিকে ঠেলিয়া লইয়া যায়। চুন নীচের দিকে জমে। ক্রিয়াশেষে চুন চাঁচিয়া বাহির করা হয়। তৎপরে ভাঁটিতে নূতন চুনাপাথর সাজানো হয়।

অবিরাম পদ্ধতিঃ একটি শঙ্কু আকৃতির ইটের চুল্লীর মাথায় A প্রবেশ দ্বার (hopper) দিয়া চুল্লীর ভিতর চুনাপাথর ফেলিয়া দেওয়া হয়। চুল্লীর নিম্নাংশে এক পার্শ্বে উনানে (fireplace) কোক কয়লা পোড়ানো হয়। জ্বলন্ত কয়লার শিখা ও উষ্ণ গ্যাসের শিখা চুল্লীর নিম্নাংশে প্রবেশ করিয়া চুনাপাথরের মধ্য দিয়া উর্ধ্ব মুখে যাইয়া চুনাপাথরকে উত্তপ্ত (1000°C) ও বিশ্লিষ্ট করে। কারবন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উষ্ণ বায়ুস্রোতের দ্বারা উর্ধ্বে তাড়িত হইয়া উপরের দুইটি নির্গমনল দিয়া বাহির হইয়া যায়; চুনকে নীচে হইতে খিড়কীর দরজা দিয়া মাঝে মাঝে চাঁচিয়া বাহির করা হয় এবং সঙ্গে সঙ্গে উপর হইতে চুনাপাথর ফেলা হয়। এইভাবে চুল্লীকে শীতল করিবার দরকার হয় না। এই পদ্ধতিতে অবিচ্ছিন্নভাবে CO_2 ও CaO দুইই

পণ্য হিসাবে উৎপন্ন হয়। সিলেট, কাট্নি, কল্যাণপুর, বিস্রা ও অন্যান্য স্থানে চুনাপাথর হইতে চুন প্রস্তুত করা হয়।

৯৫। চুনের ধর্ম : ভৌত ধর্ম : (i) চুন (CaO) সাদা অনিয়তাকার পদার্থ। ইহা 2570°C উষ্ণতায় গলে।



৫৭নং চিত্র—চুনাপাথর পোড়াইয়া চুন-প্রস্তুতি।

রাসায়নিক ধর্ম : (i) **বায়ুর ক্রিয়া :** চুন আর্দ্র বায়ুর কারবন ডাই-অক্সাইড ও জল শোষণ করে এবং ক্যাল্সিয়াম হাইড্রক্সাইড [$Ca(OH)_2$], বা কলিচুন [Slaked lime], ও ক্যাল্সিয়াম্ কারবনেটের সাদা গুঁড়ায় পরিণত হয়। কলিচুন অনেকক্ষণ পর্যন্ত অতিরিক্ত কারবন ডাই-অক্সাইড শোষণ করিয়া সম্পূর্ণরূপে ক্যালসিয়াম কারবনেটে পরিণত হয় :

$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2 \; ; \; Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O.$$

(ii) **জলের ক্রিয়া :** চুনের মধ্যে অল্প জল দিলে জলের সঙ্গে চুনের রাসায়নিক সংযোগ হয়, তাপ উদ্ভূত হয়। উপযুক্ত পরিমাণ জল পাইলে চুন ফুলিয়া উঠে এবং শেষে কলিচুনের সাদা শুষ্ক গুঁড়ায় পরিণত হয়।

(iii) চুন অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয় এবং ক্যালসিয়াম লবণ উৎপন্ন হয়।

(iv) চুন অ্যামোনিয়াম লবণ হইতে NH_3 উৎপন্ন করে।

১৪০। ব্যবহার : চুন (Quick lime) কলিচুন প্রস্তুতে, চুনের আলো (lime-light) প্রস্তুতে, শুষ্কীকারক হিসাবে, ধাতুবিদ্যায় বিগালক হিসাবে,

ক্যাল্‌সিয়াম কারবাইড প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়। কলিচুন সিমেণ্ট ও মর্টার প্রস্তুতে, কাচ, ব্লিচিং পাউডার, কস্টিক সোডা ও অ্যামোনিয়া প্রস্তুতে, খর জলকে মৃদু করিতে, চামড়ার লোম অপসারণে, ঘর চুনকাম করিতে, চিনি ও কোল গ্যাস বিশুদ্ধীকরণে ও কৃষিকার্যে ব্যবহৃত হয়।

৯৬। **চুনের কতকগুলি পণ্যদ্রব্য ঃ (১) চুনের জল** (Lime water) : সামান্য কলিচুনে প্রচুর জল দিলে কলিচুন জলে দ্রবীভূত হয়। উপরের পরিষ্কার দ্রবণকে **চুনের জল** বলে। ইহা শিশুদের পেটের অসুখে উপকার করে।

(২) চুন-গোলা (Milk of lime) : অল্প জলে অতিরিক্ত কলিচুন গুলিলে জল চুনে সংযুক্ত হয়। ইহা চুন ও জলের অবদ্রব (emulsion)। ইহাকে **চুন-গোলা** বলে। ইহা শিল্পে ক্ষারের কাজে ব্যবহৃত হয়।

(৩) সোডা-লাইম (Soda-lime) : বিশুদ্ধ কলিচুন ও কস্টিক সোডার মিশ্রণকে সোডা-লাইম বলে। সোডা-লাইম শুষ্কীকারক দ্রব্য হিসাবে, কারবন ডাই-অক্সাইড শোষণ করিতে, পরীক্ষাগারে মার্স (Marsh) গ্যাস প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়।

(৪) মর্টার ঃ একভাগ কলিচুন ও তিনভাগ বালি কম জল দিয়া মিশাইয়া **চুনা মর্টার** (lime mortar) বা সাধারণ মর্টার প্রস্তুত করা হয়। ইহা দুইটি কারণে জমাট বাঁধে (set) এবং শক্ত হয় এবং জল বাষ্পীভবনে উপিয়া যায়। ইহাতে মর্টার ছিদ্রযুক্ত হয়। কলিচুন এই ছিদ্র দিয়া বায়ুর কারবন ডাই-অক্সাইড শোষণ করিয়া ক্যাল্‌সিয়াম কারবনেটে পরিণত হয়। চুনা মর্টার শক্ত হইয়া দুই ধারের ইট বা পাথরের খণ্ডকে শক্ত করিয়া আট্‌কাইয়া রাখে। বালি থাকাতে মর্টারের জল শুকাইলেও চুনের আয়তন কমে না এবং মর্টারে ফাটল দেখা যায় না এবং মর্টার ছিদ্রযুক্ত হয়। সিমেণ্ট, বালি ও জলের মিশ্রণকে **সিমেণ্ট মর্টার** (Cement Mortar) বলে।

সিমেণ্ট (Cement) ঃ সিমেণ্ট ক্যালসিয়াম সিলিকেট ও ক্যালসিয়াম অ্যালুমিনেটের মিশ্রণ। চূর্ণ চুনাপাথর ও মাটির (clay) মিশ্রণকে ঘূর্ণায়মান চুল্লীতে রাখিয়া পোড়ানো হয়। চুল্লী একটি দীর্ঘ আনত নল যাহা নিজ অক্ষের চারিদিকে ঘুরিতে পারে। মিশ্রণ একটি হপারের (hopper) মধ্যে ঢালা হয়। কয়লার গুঁড়া ও উষ্ণ বায়ুর প্রবাহ নলের নিম্নদেশে ঢোকানো হয়। ইহাই মিশ্রণকে উত্তপ্ত করে। মিশ্রণ পুড়িয়া জমাট বাঁধে (sinter)। ইহাকে

Clinker বলে। Clinkerকে যন্ত্রে পিষিয়া গুঁড়া করিয়া বায়ুপূর্ণ থলিতে ভর্তি করা হয়।

চুনাপাথর উত্তাপে চুন উৎপন্ন করে। এই চুন মাটির অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড (Al_2O_3) ও সিলিকার (SiO_2) সঙ্গে ক্রিয়া করিয়া ক্যালসিয়াম অ্যালুমিনেট ও ক্যালসিয়াম সিলিকেট উৎপন্ন করে। সিমেণ্ট জলের সঙ্গে জমাট বাঁধে। ক্যালসিয়াম সিলিকেট্ ও অ্যালুমিনেট্ আর্দ্র বিশ্লিষ্ট হওয়ার জন্য সিমেণ্ট জমাট বাঁধে।

(৬) কংক্রীট (Concrete): সিমেণ্ট, বালি ও পাথরের কুচির মিশ্রণকে (3 : 4 : 8) কংক্রীট বলে। এই মিশ্রণ পাথরের মত শক্ত হয়। স্টীলের কাঠামোর উপর কংক্রীট জমাইলে তাহাকে Reinforced Concrete বলে। ইহা বাড়ী ও সেতু নির্মাণে ব্যবহৃত হয়।

৯৭। কারবনেট ও বাইকারবনেট : কারবনিক অ্যাসিডে (H_2CO_3) দুইটি প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু আছে। সুতরাং ইহা দ্বিক্ষারীয় (dibasic) অ্যাসিড। CO_3 একটি দ্বিযোজী মূলক। ইহাকে **কারবনেট মূলক** বলে। একটি হাইড্রোজেন পরমাণু ধাতুর বা ধাতুকল্পর দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইলে যে লবণ গঠিত হয় তাহাকে বাই-কারবনেট বলে, যথা $NaHCO_3$, $KHCO_3$। দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু প্রতিস্থাপিত হইয়া যে লবণ গঠিত হয় তাহাকে কারবনেট বলে, যথা, Na_2CO_3, K_2CO_3. কারবনিক অ্যাসিড দুঃস্থিত হইলেও উহার লবণগুলি সুস্থিত পদার্থ।

(i) কস্টিক সোডা দ্রবণে উপযুক্ত পরিমাণ কারবন ডাই-অক্সাইড অতিক্রম করাইয়া কস্টিক সোডাকে প্রশমিত করিলে Na_2CO_3 উৎপন্ন হয়। এই দ্রবণকে বাষ্পীভূত করিলে পাত্রে সোদক সোডিয়াম-কারবনেট Na_2CO_3, H_2O-এর কেলাস পাওয়া যায়।

$$2NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O.$$

সোডিয়াম কারবনেটের দ্রবণে কারবন ডাই-অক্সাইড অতিক্রম করাইলে বাই-কারবনেট উৎপন্ন হয় ; $Na_2CO_3 + H_2O + CO_2 = 2NaHCO_3$.

আবার সোডিয়াম বাই-কারবনেটকে উত্তপ্ত করিলে সোডিয়াম কারবনেট, কারবন ডাই-অক্সাইড ও জল উৎপন্ন হয়।

$$2NaHCO_3 = Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O.$$

সোডিয়াম ও পটাসিয়াম কারবনেট ও বাই-কারবনেট জলে দ্রাব্য কিন্তু অন্য ধাতুর কারবনেট জলে অদ্রাব্য। সব বাই-কারবনেট জলে দ্রাব্য।

অদ্রাব্য কারবনেট নিম্নলিখিত উপায়ে প্রস্তুত হয়:—

(i) অন্য ধাতব লবণের দ্রবণে সোডিয়াম কারবনেট মিশ্রিত করিলে কিংবা (ii) দ্রাব্য ক্ষার ও ক্ষারকের মধ্যে কারবন ডাই-অক্সাইড অতিক্রম করিলে অদ্রাব্য কারবনেট উৎপন্ন হয়।

(i) $Na_2CO_3 + BaCl_2 = BaCO_3 + 2NaCl.$

(ii) $CaO + CO_2 = CaCO_3$; $Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O.$

অতিরিক্ত কারবন ডাই-অক্সাইড অতিক্রম করিলে দ্রাব্য বাই-কারবনেট উৎপন্ন হয় ; $CaCO_3 + H_2O + CO_2 = Ca(HCO_3)_2.$

সোডিয়াম ও পটাসিয়াম কারবনেট উচ্চ উষ্ণতায়ও বিয়োজিত হয় না। অন্যান্য কারবনেট উত্তপ্ত করিলে কারবন ডাই-অক্সাইড ও ধাতুর অক্সাইড উৎপন্ন হয়। অ্যামোনিয়াম কারবনেট উত্তপ্ত করিলে অ্যামোনিয়া, কারবন ডাই-অক্সাইড ও জল উৎপন্ন হয়।

৯৮। কারবনেট ও বাই-কারবনেটের পার্থক্য: (i) সমস্ত বাই-কারবনেট জলে দ্রাব্য কিন্তু ক্ষার ধাতুর কারবনেট ব্যতীত অন্য সব কারবনেট জলে অদ্রাব্য। (ii) কারবনেটের দ্রবণ ম্যাগনেসিয়াম সালফেটের বা ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণের সঙ্গে মিশাইলেই তৎক্ষণাৎ সাদা অধঃক্ষেপ পাওয়া যায় কিন্তু বাই-কারবনেটের মিশ্রণকে উত্তপ্ত না করিলে অধঃক্ষেপ পাওয়া যায় না। (iii) কারবনেটের দ্রবণ মারকিউরিক ক্লোরাইডের সঙ্গে লাল অধঃক্ষেপ দেয়। বাই-কারবনেট কোন অধঃক্ষেপ দেয় না। (iv) ফিনলথ্যালিন কারবনেটের দ্রবণের সঙ্গে ফিকে বেগুনী বর্ণ উৎপন্ন করে। বাই-কারবনেটের দ্রবণের সঙ্গে উহার বর্ণ বদলায় না।

অভীক্ষণ: বাই-কারবনেট বা কারবনেটের সঙ্গে লঘু অ্যাসিড ক্রিয়া করিলে কারবন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের বুদ্‌বুদ্ উঠে। উহা পরিষ্কার চুনের জলকে ঘোলাটে করে।

৯৯। ধৌত সোডা ও বেকিং পাউডার (Washing Soda and Baking Powder):

ধৌত-সোডার ($Na_2CO_3, 10H_2O$) পণ্য উৎপাদন:—

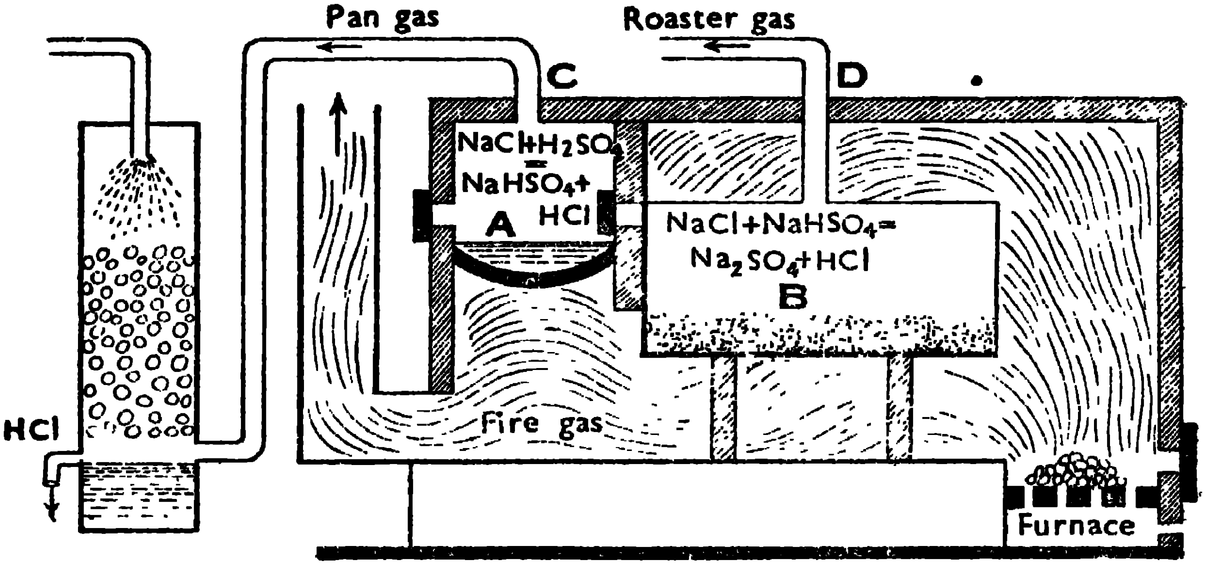
তিনটি উপায়ে সস্তা খাদ্য-লবণ হইতে ধৌত-সোডা প্রস্তুত হয়:—

(১) **লেব্ল্যাঙ্ক পদ্ধতি** (**Leblanc Process**) : ইহা তিনটি ধাপে সম্পন্ন হয় :—(ক) **সল্ট কেকের** (**Salt Cake, Na_2SO_4**) **উৎপাদন** : একটি ঢালাই লোহার কড়াই Aতে তুল্যাঙ্ক পরিমাণ গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ও লবণ কম তাপে উত্তপ্ত করা হয়। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস ও সোডিয়া বাই-সালফেট ($NaHSO_4$) উৎপন্ন হয়। এই অ্যাসিডকে (Pan gas বলে) একটি স্তম্ভে জল দ্বারা শোষণ করিলে উপজাত (bye-product) হিসাবে HCl পাওয়া যায়। $NaHSO_4$ ও অবশিষ্ট NaClকে হাতা দিয়া চাঁচিয়া (raked) পার্শ্বের পরাবর্ত B চুল্লীতে (reverberatory furnace) লইয়া তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হয়। ইহার ফলে সোডিয়াম সালফেট (Na_2SO_4 salt cake) ও HCl উৎপন্ন হয়।

$$NaCl + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HCl \text{ (কম তাপে)}$$

$$NaHSO_4 + NaCl = Na_2SO_4 + HCl \text{ (roaster gas, অধিক তাপে)}$$

(খ) **কাল ছাই-এর** (**Black Ash**) **উৎপাদন** : সল্ট কেক্‌কে চূর্ণ করিয়া সমপরিমাণ চুনাপাথর ও অর্ধেক পরিমাণ গুঁড়া কয়লা ভালভাবে মিশাইয়া একটি ঘূর্ণায়মান চুল্লীতে তীব্রভাবে (1000°C) উত্তপ্ত করা হয়। সোডিয়াম সাল্‌ফেট কারবন দ্বারা বিজারিত হইয়া সোডিয়াম সালফাইড (Na_2S) উৎপন্ন করে। আবার Na_2S ও $CaCO_3$ ক্রিয়া করিয়া Na_2CO_3 ও CaS উৎপন্ন করে। উৎপন্ন মিশ্রণ ধূসর বা ছাই বর্ণের হয়। ইহাকে **কালো ছাই** বলে।



৫৮নং চিত্র—সল্‌ট কেক্ পদ্ধতিতে Na_2CO_3-এর পণ্য উৎপাদন।

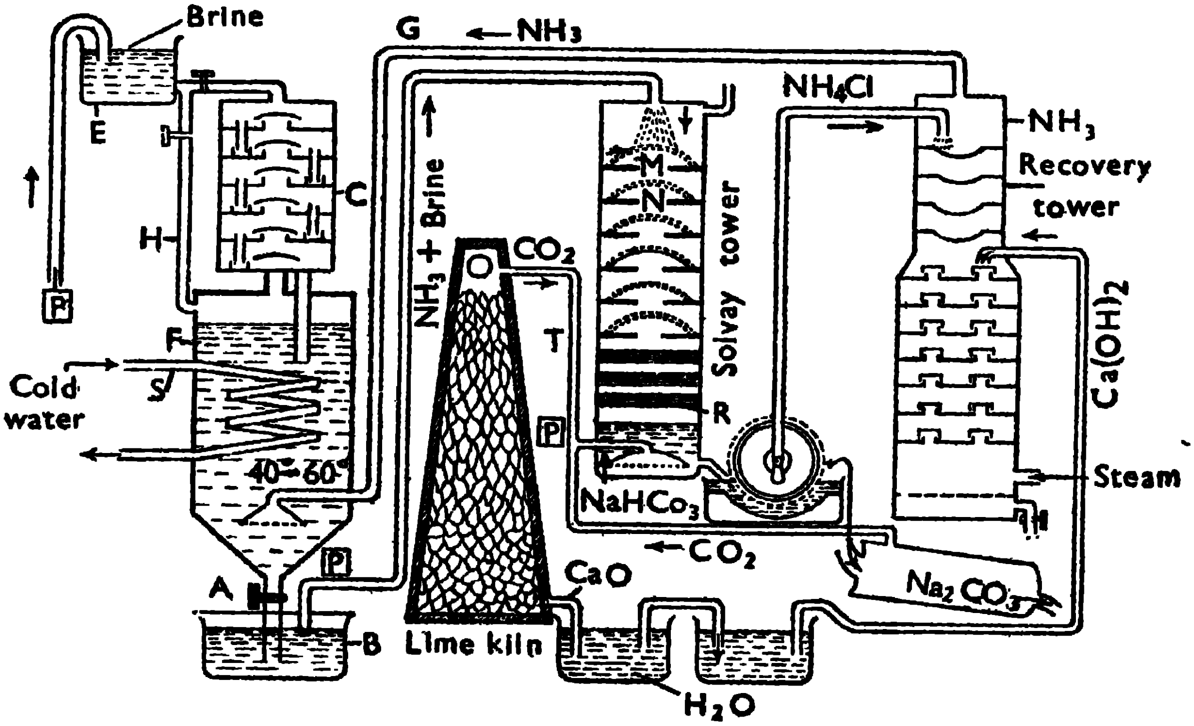
$$Na_2SO_4 + 4C = Na_2S + 4CO \;;\; Na_2S + CaCO_3 = Na_2CO_3 + CaS.$$

(গ) কালো ছাই-এর দ্রবণ (**Lixiviation of Black Ash**): কালো ছাইকে চূর্ণ করিয়া জলে ভালরূপ নাড়িয়া দ্রবণকে দ্রুত থিতাইতে দেওয়া হয়। উপরের পরিষ্কার দ্রবণে সোডিয়াম কারবনেট ও সামান্য কস্টিক সোডা থাকে। এই দ্রবণের মধ্য দিয়া কারবন ডাই-অক্সাইড অতিক্রম করাইলে কস্টিক সোডা সোডিয়াম কারবনেটে পরিবর্তিত হয়। এই দ্রবণকে পরিস্রাবণ করিয়া পরিস্রুতকে বাষ্পীভবন করিলে অশুদ্ধ Na_2CO_3 পাওয়া যায়। ইহাকে তীব্রভাবে ভস্মীভূত করিলে নিরুদক Na_2CO_3 বা **সোডাভস্ম** (Soda Ash) পাওয়া যায়; সোডাভস্মকে জলে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণকে বাষ্পীভূত করিলে **সোডা স্ফটিক** (Soda Crystal) $Na_2CO_3, 10H_2O$ পাওয়া যায়। ইহাই **ধৌত সোডা**। ইহা একটি উদ্‌ত্যাগী (effloresecnt) পদার্থ। ইহাকে শুষ্ক করিলে নয়টি জলের অণু চলিয়া যায় এবং সোডা পাউডার উৎপন্ন হয়:—

$$Na_2CO_3, 10H_2O \rightarrow Na_2CO_3, H_2O.$$

অদ্রাব্য CaSকে Alkali waste বলে। ইহা হইতে 20% সালফার উদ্ধার করা হয়।

(২) সল্‌ভে পদ্ধতি (**Solvay process**) তিনটি ধাপে সম্পন্ন হয়:—



৫৯নং চিত্র—সল্‌ভে পদ্ধতিতে Na_2CO_3-এর পণ্য-উৎপাদন।

(ক) অ্যামোনিয়াযুক্ত ব্রাইন (**Ammoniacal Brine**) **প্রস্তুতি**: সংপৃক্ত ব্রাইন (লবণের গাঢ় দ্রবণকে ব্রাইন বলে) পাম্প করিয়া E চৌবাচ্চায় তোলা

হয়। ব্রাইন E চৌবাচ্চা হইতে H নল দিয়া F ট্যাঙ্কে নামে। ট্যাঙ্কের নীচে G নল দিয়া সামান্য কারবন ডাই-অক্সাইডযুক্ত অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রবেশ করিয়া উপরের দিকে উঠে। অদ্রবীভূত অ্যামোনিয়া গ্যাস C স্তম্ভের ছিদ্রযুক্ত তাকের মধ্য দিয়া যাইবার সময় ব্রাইনে দ্রবীভূত হয়। অ্যামোনিয়া জলে দ্রবীভূত হইলে তাপ উদ্ভূত হয়। সেইজন্য S নল দিয়া শীতল জল-প্রবাহের দ্বারা উষ্ণতা 40°—60°-এর ভিতর রাখা হয়। খাদ্য-লবণের সহিত মিশ্রিত অশুদ্ধ ক্যাল'সয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম লবণ কারবন ডাই-অক্সাইড দ্বারা ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম কারবনেটে পরিণত হইয়া অধঃক্ষিপ্ত হয়। চৌবাচ্চায় নীচের দিকে অদ্রাব্য কারবনেট থিতাইয়া যায়, উপরে অ্যামোনিয়াযুক্ত ব্রাইন থাকে।

(খ) অ্যামোনিয়ার কারবনেটকরণ (Carbonation) : অ্যামোনিয়াযুক্ত ব্রাইনকে P পাম্প দ্বারা সল্‌ভে স্তম্ভে (Solvay Tower) তোলা হয়। স্তম্ভে কয়েকটি ঝাঁঝরাযুক্ত তাক (shelf) থাকে। চুনাভাটিতে (lime kiln) চুনাপাথর পোড়াইয়া কারবন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করা হয় এবং ইহাকে P পাম্প দ্বারা T নল দিয়া সল্‌ভে স্তম্ভের নীচে জোরে প্রবেশ করানো হয়। উর্ধ্বগামী CO_2 ও নিম্নগামী ব্রাইন নিবিড়ভাবে মিশ্রিত হয়। প্রথমে অ্যামোনিয়া, কারবন ডাই-অক্সাইড ও জলের ক্রিয়ায় অ্যামোনিয়াম বাই-কারবনেট উৎপন্ন হয়। অ্যামোনিয়াম বাই-কারবনেট ও লবণের ক্রিয়ায় সোডিয়াম বাই-কারবনেট ও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$NH_3 + CO_2 + H_2O = (NH_4)HCO_3.$$

$$(NH_4)HCO_3 + NaCl = NaHCO_3 + NH_4Cl.$$

$NaHCO_3$ ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণায় কেলাসিত হয়। R কুণ্ডলী নল দিয়া শীতল জল প্রবাহিত করাইয়া উষ্ণতা 30°—40°Cতে রাখা হয়। কারণ $NaHCO_3$ এর দ্রব্যতা উষ্ণতার সঙ্গে বাড়ে।

(গ) দগ্ধকরণ (Calcination) : সোডিয়াম বাই-কারবনেট কেলাসযুক্ত দ্রবণকে ফেল্ট কাপড়ে অনুপ্রেষ ফিল্‌টারে (vacuum filter) পরিস্রাবিত করিলে $NaHCO_3$-এর কেলাস পাওয়া যায়। $NaHCO_3$কে বহির্নলযুক্ত ঘূর্ণ্যমান চুল্লীতে দগ্ধ করা হয়। অনার্দ্র সোডিয়াম কারবনেট ও কারবন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয় ; $2NaHCO_3 = Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O.$

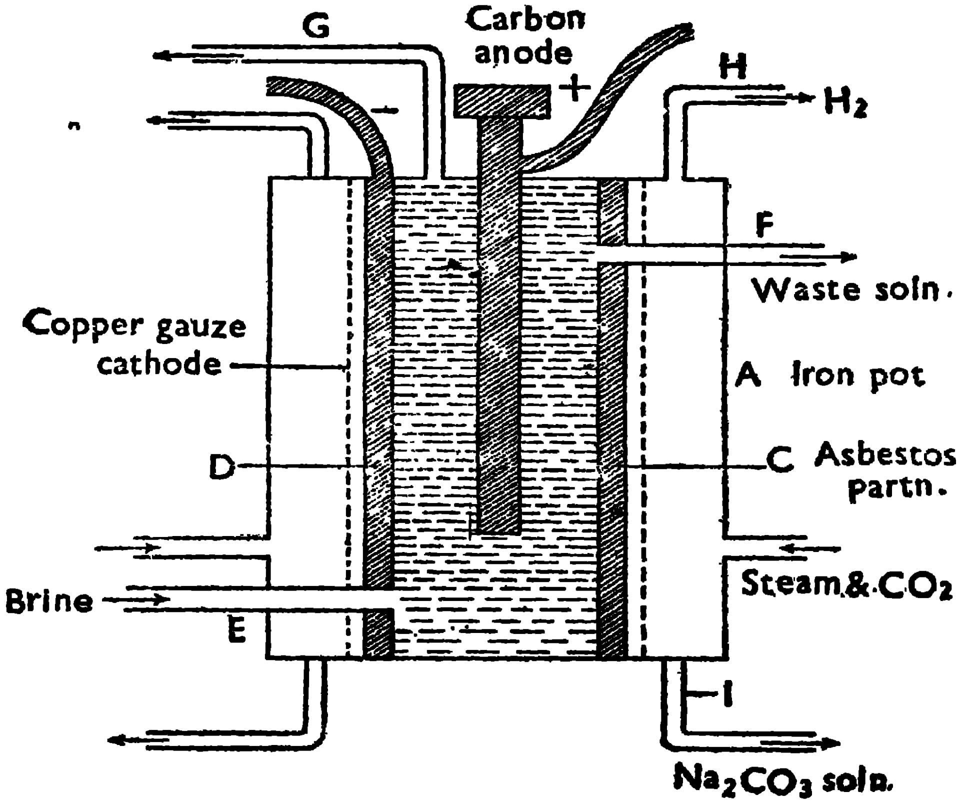
ইহা প্রায় 99% বিশুদ্ধ Na_2CO_3.

(ঘ) NH_3 ও CO_2-এর **পুনরুদ্ধার ঃ** শেষ-দ্রবে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড NH_4Cl থাকিয়া যায়। ইহাকে পাম্প করিয়া অপর একটি উচ্চ স্তম্ভের উপর তোলা হয়। স্তম্ভের মধ্যস্থলে কলিচুনের [$Ca(OH_2)$] দ্রবণ ও নীচে স্টীম প্রবেশ করানো হয়। চুনাপাথরকে পোড়াইয়া কারবন ডাই-অক্সাইড ও চুন উৎপন্ন হয়। চুনকে জলে ভিজাইয়া কলিচুন $Ca(OH)_2$ উৎপন্ন করা হয়। $Ca(OH)_2$ ও NH_4Cl ক্রিয়া করিলে NH_3 উৎপন্ন হয়।

$$2NH_4Cl + Ca(OH)_2 = 2NH_3 + CaCl_2 + 2H_2O.$$

$NaHCO_3$কে দগ্ধ করিবার সময় কারবন ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায়। সুতরাং NH_3 ও CO_2 দুই-এরই **পুনরুদ্ধার হয়**।

(৩) **হারগ্রিভস-বার্ড তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি** (Hargreaves-Bird Electrolytic Process) **নীতি ঃ** সাধারণ লবণকে তড়িৎ বিশ্লেষণ করিলে সোডিয়াম ও ক্লোরিন পাওয়া যায়। এই মুক্ত সোডিয়াম স্টীম ও কারবন ডাই-অক্সাইডের সঙ্গে ক্রিয়া করিয়া সোডিয়াম কারবনেট উৎপন্ন করে।



৬০নং চিত্র—হারগ্রিভস বার্ড পদ্ধতিতে Na_2CO_3-এর পণ্য উৎপাদন।

যন্ত্র ঃ ভিতরে সিমেন্টের আস্তরণ-দেওয়া লোহার A বাক্স দুইটি অ্যাসবেস্টস পর্দা C ও D দ্বারা তিনটি প্রকোষ্ঠে ভাগ করা থাকে। প্রত্যেক

প্রকোষ্ঠের উপর দিকে গ্যাস-নির্গম পথ আছে। কারবন দণ্ড অ্যানোডের এবং তামার জাল (copper guaze) ক্যাথোডের কাজ করে। E নল দিয়া মধ্যের প্রকোষ্ঠের নীচে লবণের দ্রবণ ভিতরে ঢোকে এবং উপরের F নল দিয়া বাহির হয়। পর্দার মধ্য দিয়া লবণের দ্রবণ ভিতরের প্রকোষ্ঠে যায় না কিন্তু ইহারা এমনভাবে সিক্ত থাকে যে তড়িৎ পরিবহন করে। বাহিরের প্রকোষ্ঠে একটি নল দিয়া স্টীম ও কারবন ডাই-অক্সাইড ঢোকে।

ক্রিয়া : তড়িৎ প্রবাহিত করিলে অ্যানোডে ক্লোরিন গ্যাস উৎপন্ন হয়। এই গ্যাসকে অন্যত্র লইয়া তরলীকৃত করা হয় কিংবা বিরঞ্জনগুঁড়া (bleaching powder) প্রস্তুতে ব্যবহার করা হয়। সোডিয়াম ধাতু তামার ক্যাথোডে উৎপন্ন হইয়া স্টীমের সংস্পর্শে আসিয়া কস্টিক সোডা ও হাইড্রোজেন গ্যাস গঠন করে। H_2 গ্যাস H নল দিয়া বাহির হয়। কস্টিক সোডা ও কারবন ডাইঅক্সাইড ক্রিয়া করিয়া সোডিয়াম কারবনেট উৎপন্ন করে। ইহা জলে দ্রবীভূত হয়। Na_2CO_3-এর দ্রবণ I নল দিয়া বাহির হয়। এই দ্রবণকে বাষ্পীভূত করিলে সোডাস্ফটিক পাওয়া যায়। উহা 99% Na_2CO_3।

$$NaCl = Na^+(\text{ক্যাথোডে}) + Cl^-(\text{অ্যানোডে}).$$

$$2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2.$$

$$2NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O.$$

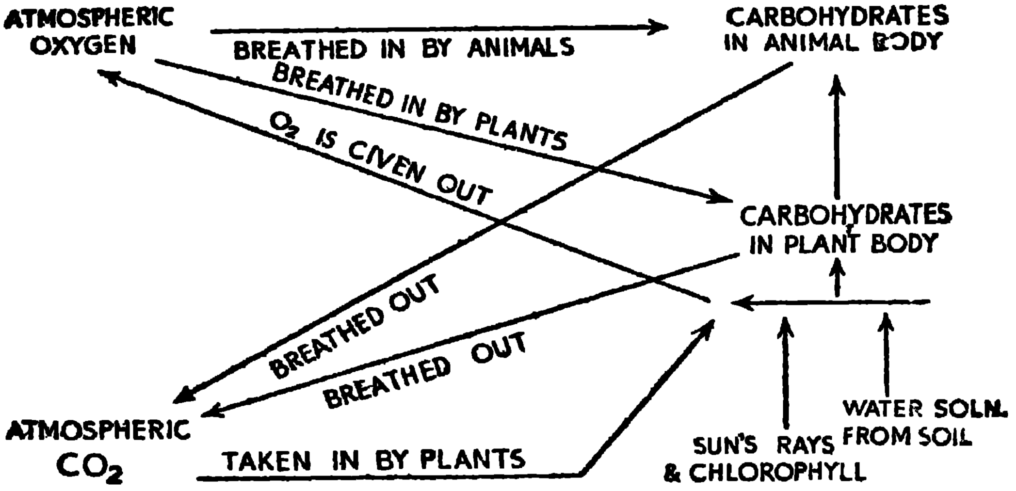
ব্যবহার : (ক) (১) **সোডিয়াম কারবনেট** কাচ, সাবান ও কস্টিক সোডা উৎপাদনে, (২) কাপড় ধৌত করিতে, (৩) জলের মৃদুকরণে, (৪) সোডিয়ামের অন্য লবণপ্রস্তুতে, (৫) পরীক্ষাগারে বিকারক (reagent) হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

সোডিয়াম বাই-কারবনেট (সোডি বাইকার্ব) ঔষধে, সোডা-জলে (soda water), রুটি সেকিবার গুঁড়ায় (baking powder) ব্যবহৃত হয়। Baking powder-এ সোডিয়াম বাই-কারবনেট ও পটাসিয়াম হাইড্রোজেন টারট্রেটের (tartrate $C_4H_4O_6HK$) মিশ্রণ থাকে। ইহাকে গরম করিলে কারবন ডাই-অক্সাইড উত্থিত হয়। ইহাতে রুটি ফুলিয়া উঠে।

$$C_4H_4O_6HK + NaHCO_3 = C_4H_4O_6NaK + CO_2 + H_2O$$

১০০। কারবন ডাই-অক্সাইড চক্র (Carbon Dioxide Cycle) **:** প্রাণী ও উদ্ভিদ নিশ্বাসের সঙ্গে বায়ুর অক্সিজেন টানিয়া লয় এবং দেহ হইতে কারবন ডাই-অক্সাইড বাহির করে। জৈব পদার্থের পচন-ক্রিয়ায়,

কাঠকয়লার দহন-ক্রিয়ায় বায়ুর অক্সিজেন ব্যবহৃত হইয়া প্রভূত CO_2 উৎপন্ন হয় এবং বায়ুর সঙ্গে মিশে। এইরূপ চলিতে থাকিলে বায়ুর সমস্ত অক্সিজেন খরচ হইয়া যাইত এবং বায়ু CO_2তে পূর্ণ হইত। কোন প্রাণী বা উদ্ভিদ বাঁচিত না। কিন্তু নিম্নলিখিত তিনটি কারণে বায়ুতে কারবন ডাই-অক্সাইডের ও অক্সিজেনের পরিমাণের সাম্য রক্ষিত হয় :—



৬২নং চিত্র—কারবন ডাই-অক্সাইড চক্র।

(i) উদ্ভিদ-দেহের ক্লোরোফিল (Chlorophyll) নামক সবুজ পদার্থ সূর্যালোকে সবুজ অংশের জলের সাহায্যে বায়ুর CO_2কে বিশ্লিষ্ট করিয়া কারবন দেহসাৎ করে এবং সমান আয়তনের অক্সিজেন বায়ুতে ছাড়িয়া দেয়। $CO_2 + H_2O +$ আলোক শক্তি $=$ কার্বোহাইড্রেট $+ O_2$। সুতরাং উদ্ভিদ বায়ুতে অক্সিজেন সরবরাহ করে। সূর্যালোকে কারবন দেহসাৎ করার পদ্ধতিকে **আলোক-সংশ্লেষণ** (Photosynthesis) বা **কারবন আত্মীকরণ** (Carbon Assimilation) বলে। ইহাতে তাপ শোষিত হয়। ক্লোরোফিল অনুঘটকের কাজ করে। দিনের বেলায় সূর্যালোকে কারবন আত্মকরণ কার্য চলে।

সচল প্রাণী নিশ্চল উদ্ভিদ অপেক্ষা অধিক অক্সিজেন গ্রহণ করে এবং অধিক CO_2 ত্যাগ করে। উদ্ভিদ শ্বাসকার্যে যতটা অক্সিজেন গ্রহণ করে তদপেক্ষা খাদ্যরূপে অধিক CO_2 গ্রহণ করে।

(ii) বায়ুর CO_2 কিছু বৃষ্টির জল ও সমুদ্রের জল কর্তৃক দ্রবীভূত হইয়া অপসারিত হয়।

(iii) বিভিন্ন প্রকার শিলা বায়ুর CO_2 শোষণ করে। ইহাকে আবহ-বিকার (weathering) বলে।

$$\text{বায়ুর } O_2 \xrightarrow[\text{ও দহন}]{\text{প্রাণী ও উদ্ভিদের প্রশ্বাস}} CO_2 \xrightarrow[\text{ক্লোরোফিল}]{\text{উদ্ভিদের}} O_2$$

(iv) সমুদ্রজলে ক্যালসিয়ামের ও ম্যাগনেসিয়ামের বাই-কারবনেট দ্রবীভূত থাকে। সামুদ্রিক প্রাণী ইহাদিগকে দেহসাৎ করিয়া কারবনেটে পরিণত করে এবং CO_2 বায়ুতে চলিয়া যায়। সামুদ্রিক প্রাণী মরিয়া যাইলে তাহাদের দেহের ক্যালসিয়াম কারবনেট সমুদ্রগর্ভে খড়িমাটি বা প্রবালরূপে সঞ্চিত হয়। ইহারা পরে পাললিক শিলায় পরিণত হয়।

১০১। **খনিজ জল** (Mineral water) ঃ প্রস্রবণের জল ভূগর্ভে বালি, মাটি, কাঁকর প্রভৃতি সছিদ্র স্তরের মধ্য দিয়া পরিস্রুত হইয়া ভূপৃষ্ঠে আসে বলিয়া ইহাতে প্রলম্বিত অশুদ্ধি থাকে না। ইহা স্বচ্ছ হয় কিন্তু ইহাতে ভূগর্ভের বিভিন্ন স্তরের অনেক দ্রবীভূত লবণ ও গ্যাস থাকিয়া যায়। যখন প্রস্রবণের জলে অধিক পরিমাণ লবণ ও গ্যাসীয় পদার্থ দ্রবীভূত থাকে এবং জলের বিশিষ্ট স্বাদ বা রোগনিয়ামক গুণ দেখা যায় তখন এই জলকে **খনিজ জল** বলে। খনিজ জলের বিষয় নবম শ্রেণীর ৯২ অনুচ্ছেদে বলা হইয়াছে।

কারবন মনোক্সাইড

(Carbon Monoxide)

সংকেত-CO ; আ: ও:-28 ; বাষ্পীয় ঘনাঙ্ক 14.

১০২। **কারবন মনোক্সাইডের অবস্থান ঃ** সাধারণ অবস্থায় প্রকৃতিতে কারবন মনোক্সাইড কম দেখিতে পাওয়া যায়। অপ্রচুর বায়ুতে কারবন পোড়াইলে কারবন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয়। কোল গ্যাসে, ওয়াটার গ্যাসে, তামাকের ধোঁয়াতে, চিমনি গ্যাসে, ঝটিকা-চুল্লীর (blast furnace) গ্যাসে কারবন মনোক্সাইড গ্যাস দেখিতে পাওয়া যায়।

1800 খৃস্টাব্দে ক্রুইক্‌শ্যাঙ্ক প্রমাণ করেন যে ইহা কারবনের একটি অক্সাইড।

১০৩। **কারবন মনোক্সাইডের প্রস্তুত-প্রণালী ঃ (১) কারবন হইতে ঃ** (i) শ্বেততপ্ত (white hot) কোকের উপর দিয়া স্টীম প্রবাহিত

করিলে, (ii) কারবনের সঙ্গে জিঙ্ক অক্সাইড, আয়রন অক্সাইডপ্রভৃতি ধাতব অক্সাইড উত্তপ্ত করিলে মনোক্সাইড উৎপন্ন হয়। এই সব ক্ষেত্রে কারবন স্টীম বা অক্সাইডকে বিজারিত করে এবং নিজে জারিত হয়।

$H_2O + C = CO + H_2$. এই মিশ্রণকে জল-গ্যাস (water gas) বলে।

এই প্রণালীতে প্রচুর জলগ্যাস উৎপন্ন হয়। উহা জ্বালানিরূপে ব্যবহৃত হয় ; $ZnO + C = CO + Zn$. $Fe_2O_3 + 3C = 3CO + 2Fe$।

(ii) অপ্রচুর বায়ুতে কারবনকে পোড়াইলে ইহা জারিত হইয়া CO হয়

$$2C + O_2 = 2CO.$$

CO-এর সঙ্গে বায়ুর নাইট্রোজেন মিশ্রিত থাকে। এই গ্যাস-মিশ্রণকে প্রডিউসার গ্যাস বলে।

(২) **কারবন ডাই-অক্সাইড হইতেঃ** কারবন ডাই-অক্সাইড উত্তপ্ত কারবন, আয়রন বা জিঙ্ক দ্বারা বিজারিত হয় এবং কারবন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয় ; $CO_2 + C = 2CO$; $CO_2 + Zn = ZnO + CO$.

পরীক্ষা: পোর্সলেন নলে স্থাপিত কারবনকে চুল্লীতে তীব্রভাবে (1000°C) উত্তপ্ত কর। কিপযন্ত্রে উৎপন্ন কারবন ডাই-অক্সাইডকে ধীরে ধীরে নলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত কর। উৎপন্ন কারবন মনোক্সাইডকে কস্টিক পটাসের লঘু দ্রবণের মধ্য দিয়া অতিক্রম করাইয়া জলের অপসারণ দ্বারা গ্যাস-জারে সংগ্রহ কর। কস্টিক পটাস অপরিবর্তিত কারবন ডাই-অক্সাইডকে শোষণ করে।

জ্বলন্ত উনানের নীচের দিকে প্রথমে কারবন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। ইহা লোহিত তপ্ত কয়লার উপর দিয়া যাইবার সময় বিজারিত হইয়া কারবন মনোক্সাইড গঠন করে। কারবন মনোক্সাইড উনানের উপরে নীল শিখার সহিত জ্বলিয়া CO_2 উৎপন্ন করে।

$$C + O_2 = CO_2 ; CO_2 + C = 2CO.$$
$$2CO + O_2 = 2CO_2.$$

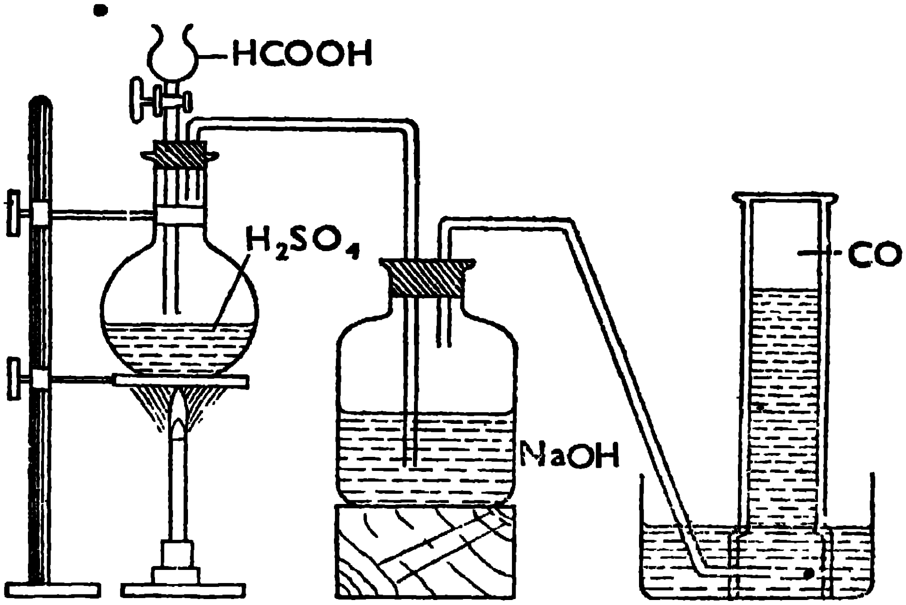
(৩) **পরীক্ষাগার প্রণালীঃ (ক) জৈব পদার্থ হইতেঃ নীতিঃ** ফরমিক (Formic) অ্যাসিড (HCOOH) বা সোডিয়াম ফরমেট (HCOONa) বা অক্জ্যালিক (Oxalic) অ্যাসিড (COOH COOH) হইতে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা জলের উপাদান বাহির করিয়া লইলে কারবন মনোক্সাইড পাওয়া যায়। সালফিউরিক অ্যাসিড নিরুদকের কাজ করে।

$$HCOOH + [H_2SO_4] = CO + H_2O + [H_2SO_4].$$

$$C_2H_2O_4 + [H_2SO_4] = CO + CO_2 + H_2O + [H_2SO_4].$$

$$HCOONa + H_2SO_4 = NaHSO_4 + H_2O + CO.$$

পরীক্ষা ঃ একটি বিন্দুপাতন ফানেল ও নির্গমনলযুক্ত ফ্লাস্কে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড তারজালির উপর 100°C পর্যন্ত উষ্ণ কর। ফানেল হইতে ফোঁটা ফোঁটা ফরমিক অ্যাসিড H_2SO_4-এর উপর ফেল। উদ্ভূত কারবন মনোক্সাইডকে কস্টিক পটাস দ্রবণের ভিতর দিয়া পবিচালিত করিয়া নির্গম-নলের সাহায্যে দ্রোণীর মধ্যে জলের উপর জলভরা গ্যাসজারে সংগ্রহ কর। সামান্য CO_2 বা SO_2 অশুদ্ধি থাকিলে ইহারা কস্টিক পটাস দ্বারা শোষিত হয়; $2KOH + CO_2 + CO = [K_2CO_3 + H_2O] + CO.$



৬২নং চিত্র—ফরমিক অ্যাসিড হইতে CO-এর উৎপাদন।

পরীক্ষা ঃ ফ্লাস্কে শুষ্ক সোডিয়াম ফরমেটের (কঠিন পদার্থ) উপর বিন্দুপাতন ফানেল হইতে গাঢ় H_2SO_4 ঢাল। ফ্লাস্ককে তারজালির উপর গরম কর। CO উৎপন্ন হয়। ইহাকে জলের উপর গ্যাস-জারে সংগ্রহ কর।

পরীক্ষা ঃ দীর্ঘনল ফানেল ও নির্গমনলযুক্ত একটি ফ্লাস্কে অক্‌জ্যালিক অ্যাসিডের স্ফটিক রাখ। ফানেল দিয়া গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ঢাল। ফ্লাস্ককে ধীরে ধীরে গরম কর। এই ক্রিয়ায় কারবন মনোক্সাইড ও কারবন ডাই-অক্সাইড উভয়ই সম পরিমাণে উৎপন্ন হয়। এই গ্যাস-মিশ্রণকে জলের উপর সংগ্রহ কর। গ্যাসের মিশ্রণকে পটাস দ্রবণের মধ্য দিয়া পরিচালিত

করিলে কারবন ডাই-অক্সাইড শোষিত হয় এবং বিশুদ্ধ কারবন মনোক্সাইড পাওয়া যায়।

(১) পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইডের স্ফটিক ও ইহার দশ গুণ ওজনের গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড একত্রে উত্তপ্ত করিলে বিশুদ্ধ কারবন মনোক্সাইড পাওয়া যায়।

$$K_4Fe(CN)_6 + 6H_2SO_4 + 6H_2O =$$
$$2K_2SO_4 + FeSO_4 + 3(NH_4)_2SO_4 + 6CO.$$

বিশুদ্ধিকরণ: কারবন মনোক্সাইডকে ফস্‌ফরাস পেণ্টোক্সাইড দ্বারা শুকাইয়া পারদের উপর সংগ্রহ করিলে ইহাকে বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায়।

১০৪। **কারবন মনোক্সাইডের ধর্ম : ভৌত ধর্ম:** (i) কারবন মনোক্সাইড বর্ণহীন স্বাদহীন মৃদুগন্ধযুক্ত গ্যাস। (ii) ইহা খুব বিষাক্ত গ্যাস। এই গ্যাস রক্তের হিমোগ্লোবিনের সহিত যুক্ত হইয়া লাল কারবক্সি হিমোগ্লোবিন গঠন করে। ইহাতে রক্তের অক্সিজেন-বহন ক্ষমতা নষ্ট হয়। ফলে অক্সিজেনের অভাবে শ্বাসগ্রহণকারী দম আটকাইয়া মারা যায়। আবদ্ধ ঘরে অপ্রচুর বায়ুতে কয়লা পোড়ানোর ফলে বা কেরোসিনের আলো বহুক্ষণ জ্বালানোর ফলে যে কারবন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয় তাহাতে প্রায়ই মৃত্যু ঘটে। (iii) কারবন মনোক্সাইড গ্যাস −191°C উষ্ণতায় তরল হয়। (iv) ইহা জলে প্রায় অদ্রাব্য।

রাসায়নিক ধর্ম: (i) কারবন মনোক্সাইড নিজে দাহ্য কিন্তু ইহা অপর বস্তুর দহনের সহায়ক নহে। ইহা অগ্নিসংযোগে নীল শিখার সহিত জ্বলিতে থাকে এবং ইহা জারিত হইয়া CO_2 হয়। এই প্রক্রিয়ায় তাপ উদ্ভূত হয়; $2CO + O_2 = 2CO_2 + 136000$ গ্রাম ক্যা:।

কোল গ্যাস, ওয়াটার গ্যাস প্রভৃতিতে যে CO গ্যাস থাকে তাহা জ্বালাইলে এইরূপে তাপ সরবরাহ হয়।

পরীক্ষা: CO-পূর্ণ গ্যাস-জারে একটি জ্বলন্ত কাঠি প্রবেশ করাও। কাঠি নিবিয়া যায় কিন্তু গ্যাস নীল শিখার সহিত জ্বলে। শিখাটি দপ্‌ দপ্‌ করে (lambent flame)। জারের মধ্যে পরিষ্কার চুনের জল দাও। ইহা ঘোলাটে হয়।

কারবন মনোক্সাইডের সহিত অক্সিজেন মিশ্রিত (2 : 1 আয়তনিক ভাগ) করিয়া মিশ্রণে অগ্নিসংযোগ করিলে বিস্ফোরণ ঘটে।

(ii) কারবন পরমাণুর যোজ্যতা চার অর্থাৎ সংপৃক্ত অবস্থায় ইহা চারিটি একযোজী পরমাণুর সহিত যুক্ত হয় কিন্তু কারবন মনোক্সাইডে কারবন মাত্র দ্বিযোজী। সুতরাং ইহা অসংপৃক্ত যৌগ (Unsaturated compound) এবং ইহা সহজেই অন্য যৌগের সহিত যুক্ত হয়। ইহাদিগকে **কারবনিল** (Carbonyl) যৌগ বলে। ইহারা যুতযৌগ (Additive Compounds); ইহা সূর্যালোকে ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হইয়া কারবনিল ক্লোরাইড, সালফার বাষ্পের সহিত কারবনিল সালফাইড, উষ্ণ ও সূক্ষ্ম আয়রন, নিকেল ও মলিব্‌ডেনামের সহিত এই সকল ধাতুর কারবনিল গঠন করে।

$CO + Cl_2 = COCl_2$ (ফস্‌জেন) ; $CO + S = COS$, $4CO + Ni = Ni(CO)_4$; $Fe + 5CO = Fe(CO)_5$. ধাতব কারবনিল উদ্বায়ী তরল।

(iii) কারবন মনোক্সাইড উচ্চ উষ্ণতায় বিজারকের কাজ করে। ইহা বিভিন্ন ধাতব অক্সাইড হইতে ধাতু নিষ্কাশনে ব্যবহৃত হয়।

$$PbO + CO = Pb + CO_2,\ CuO + CO = Cu + CO_2.$$

ইহা 550°C উষ্ণতায় অনুঘটক ফেরিক অক্সাইড ও অনুঘটক সহায়ক Cr_2O_3-এর উপস্থিতিতে স্টীমকে বিজারিত করিয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।

$$H_2O + CO = CO_2 + H_2.$$

ইহা আয়োডিন পেণ্টোক্সাইডকে 90°C উষ্ণতায় বিজারিত করে।

$$I_2O_5 + 5CO = I_2 + 5CO_2.$$

এই ক্রিয়া দ্বারা কারবন মনোক্সাইডের পরিমাণ নির্ণীত হয়।

বিভিন্ন প্রভাবকের সাহায্যে কারবন মনোক্সাইড হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত হয়।

$$2CO + 2H_2 = CH_4 + CO_2 \text{ (প্রভাবক—Ni, 380°C).}$$

Cr_2O_5 ও ZnO অনুঘটকের উপস্থিতিতে 350°C উষ্ণতায় CO ও H_2এর ক্রিয়ায় মিথাইল কোহল উৎপন্ন হয় : $CO + 2H_2 = CH_3OH$.

(v) কারবন মনোক্সাইড প্রশম অক্সাইড বলিয়া ইহা অ্যাসিড বা শীতল কস্টিক সোডা বা কস্টিক পটাশের সঙ্গে ক্রিয়া করে না। উত্তপ্ত কঠিন কস্টিক সোডার উপর কারবন মনোক্সাইড অতিক্রম করাইলে কিংবা অতিরিক্ত চাপে কারবন মনোক্সাইড 160°C উষ্ণতায় কস্টিক সোডার দ্রবণের মধ্য দিয়া অতিক্রম করাইলে সোডিয়াম ফরমেট উৎপন্ন হয় ;

$$NaOH + CO = H.COONa.$$

(vi) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বা অ্যামোনিয়াযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইডের (Cu_2Cl_2) দ্রবণে কারবন মনোক্সাইড সহজেই দ্রবীভূত হয় এবং দ্রবণে $CuCl, CO, 2H_2O$ একটি অস্থায়ী যুক্তযৌগ গঠিত হয়। $CuCl + CO + 2H_2O = CuCl.CO.2H_2O$. এই দ্রবণকে উত্তপ্ত করিলে বিশুদ্ধ CO পাওয়া যায়। অ্যামোনিয়াযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইডের দ্রবণ কারবন মনোক্সাইডের শোষক (absorbent) হিসাবে ব্যবহৃত হয়। কারবন মনোক্সাইড অন্যান্য গ্যাসের (CO_2, N_2, H_2) সহিত মিশ্রিত থাকিলে মিশ্রণকে কিউপ্রাস ক্লোরাইডের দ্রবণের মধ্য দিয়া অতিক্রম করাইলে কারবন মনোক্সাইড শোষিত হয়।

১০৫। **কারবন, কারবন মনোক্সাইড ও কারবন ডাই-অক্সাইডের পরস্পর পরিণতি ঃ** (i) সোডিয়াম ফরমেট + গাঢ় $H_2SO_4 = CO + NaHSO_4 + H_2O$; $2CO + O_2 +$ তাপ $= 2CO_2$। এই গ্যাস চুনের জলকে ঘোলাটে করে। সুতরাং ইহা CO_2.

(ii) $CO_2 + C$ (উত্তপ্ত) $= 2CO$. এই গ্যাস নীল শিখার সহিত জ্বলে এবং কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণে শোষিত হয়। সুতরাং ইহা CO.

(iii) C + অপ্রচুর বায়ু = $CO + CO_2$.

১০৬। **কারবন মনোক্সাইডে কারবন আছে ঃ** কারবন মনোক্সাইডকে অতিরিক্ত অক্সিজেনে পোড়াইলে কারবন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। ইহা চুনের জলকে ঘোলাটে করে। জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়াম তারকে এই কারবন ডাই-অক্সাইডের জারে প্রবেশ করাইলে ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড উৎপন্ন হয় এবং কারবন মুক্ত হয়।

১০৭। **অভীক্ষণ ঃ** (i) কারবন মনোক্সাইড নীল শিখার সহিত জ্বলে। এই শিখা দপ্‌-দপ্‌ করে এবং কারবন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। এই উৎপন্ন গ্যাস স্বচ্ছ চুনের জলকে ঘোলাটে করে।

(iii) ইহা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড-যুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবীভূত হয়। অ্যামোনিয়া মিশ্রিত কিউপ্রাস দ্রবণ ইহাকে শোষণ করে।

(iv) প্যালেডিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণ দ্বারা সিক্ত ফিল্টার কাগজ কারবন মনোক্সাইড গ্যাসে গোলাপী, সবুজ বা কালো বর্ণ হয়।

(v) **Vogel-এর রক্তপরীক্ষা ঃ** 2 বা 3 ঘন সেন্টিমিটার খুব পাতলা রক্তের সহিত কারবন মনোক্সাইড-মিশ্রিত গ্যাস নাড়। ইহাতে দুই-এক ফোঁটা সদ্য-প্রস্তুত অ্যামোনিয়াম সালফাইড দ্রবণ দাও। দ্রবণকে বর্ণালীবীক্ষণ

(Spectroscope) দ্বারা পরীক্ষা করিলে দুইটি শোষণ-পটি (absorption band) দেখা যায়। এই পরীক্ষা দ্বারা অন্য গ্যাসে অতি সামান্য কারবন মনোক্সাইড গ্যাসের উপস্থিতি ধরা পড়ে।

১০৮। **ব্যবহার:** কারবন মনোক্সাইড ওয়াটার গ্যাস ও প্রোডিউসার গ্যাসরূপে জ্বালানি হিসাবে ও বিজারক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। ইহা সোডিয়াম ফরমেটের, মিথাইল কোহলের, কারবনিলের ও তরল জ্বালানি উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়।

১০৯। CO ও CO_2-এর তুলনা।

CO	CO_2
১। বর্ণহীন, দাহ্য, বায়ুর মত ভারী গ্যাস। নিজে নীল শিখার সহিত জ্বলে।	১। বর্ণহীন, অদাহ্য, বায়ু অপেক্ষা ভারী গ্যাস।
২। জলে খুব কম দ্রাব্য।	২। দ্রাব্যতা মাঝামাঝি।
৩। বিষাক্ত।	৩। নির্দোষ কিন্তু অক্সিজেনের অভাবে দম বন্ধ হয়।
৪। দহনের অসহায়ক।	৪। দহনের অসহায়ক তবে জ্বলন্ত Na, K, Mg এই গ্যাসে জ্বলিতে থাকে।
৫। চুনের জলে ক্রিয়াহীন।	৫। চুনের জল ঘোলা করে।
৬। লিটমাস্ ক্রিয়াহীন।	৬। লিটমাসে সামান্য লাল হয়; আম্লিক ক্রিয়া।
৭। উত্তপ্ত NaOH-এর সঙ্গে ফরমেট গঠন করে।	৭। NaOH-এর সঙ্গে কারবনেট গঠন করে।
৮। উচ্চ উষ্ণতায় বিজারক।	৮। উচ্চ উষ্ণতায় জারক।
৯। যুত-যৌগ গঠন করে।	৯। যুত-যৌগ গঠন করে না।
১০। শম (neutral) অক্সাইড।	১০। আম্লিক অক্সাইড।
১১। HCl বা NH_4OH-তে Cu_2Cl_2 দ্রবণ দ্বারা শোষিত হয়।	১১। তীক্ষ্ণ ক্ষার দ্বারা শোষিত হয়।

প্রশ্নাবলী

I. Name the natural and artificial allotropic forms of carbon. Where are they obtained? Mention their uses in arts and industries. কারবনের প্রাকৃতিক ও কৃত্রিম বহু রূপের নাম বল। কোথায় ইহাদিগকে পাওয়া যায়? বিভিন্ন কারু ও শিল্প কার্যে ইহাদের ব্যবহারগুলি বল। (C. U. 1911, '13, '19, '25, '29, '37,).

2. What is meant by allotropy? Compare the properties of allotropic forms of carbon. How do you prove that diamond is nothing but carbon? বহুরূপতা কাহাকে বলে? কারবনের বহুরূপের ধর্মের তুলনা কর। হীরকে কারবন ছাড়া আর কিছুই নাই, ইহা কিরূপে প্রমাণ করিবে? (C. U, 1924, '33).

2(a) Describe the method of preparation of graphite and charcoal. Describe the reactions that take place when charcoal is heated with conc. HNO_3 and H_2SO_4. with equations. গ্রাফাইট ও কাঠ কয়লার প্রস্তুত ও ব্যবহার বর্ণনা কর। কাঠ কয়লার সহিত গাঢ় HNO_3 ও H_2SO_4 উত্তপ্ত করিলে যে ক্রিয়া হয় তাহা সমীকরণ সহকারে বর্ণনা কর।

3. How would you prepare a few cylinders of carbon monoxide? Sketch the apparatus. What experiments would you make to illustrate the principal properties of the gas? কি প্রকারে কয়েকটি গ্যাসজার CO গ্যাস দ্বারা পূর্ণ করিবে? গ্যাসের প্রধান ধর্মগুলি দেখাইবার জন্য কি পরীক্ষা করিবে? (C. U. 1921).

3(a) Prove that the diamond, graphite, coke, lampblack, gas carbon are nothing but element carbon. প্রমাণ কর যে হীরক, গ্রাফাইট, কোক, ভূষা কালি, গ্যাস কারবন, মৌল কারবন ব্যতীত অন্য কিছু নয়।

4. How would you separate Carbon monoxide from Carbon dioxide in a mixture of the two? What is coke and what are its uses? CO ও CO_2-এর মিশ্রণ হইতে CO কিরূপে পৃথক করিবে? কোক কি? ইহার ব্যবহার কি কি? (C. U. 1915, '22 '30, '34, '39, '41).

4(a). How would you prepare sugar charcoal and wood charcoal? What is activated charcoal? What are the important properties and uses of charcoal? শর্করা কয়লা ও কাঠ কয়লা কিরূপে প্রস্তুত করিবে? উজ্জীবিত কয়লা কাহাকে বলে? কাঠ কয়লার প্রধান ধর্ম ও ব্যবহার বল।

5. How would you determine the composition of carbon dioxide by weight and by volume? What precautions would you take to get accurate result? Sketch the apparatus. কি প্রকারে CO_2-এর আয়তনিক ও তৌলিক সংযুক্তি নির্ণয় করিবে? নির্ভুল ফল পাইতে হইলে কি সতর্কতা অবলম্বন করিবে? যন্ত্রের নক্সা আঁক। (C. U. 1925, '36, '43, '47)

5(a) What happens when diamond, graphite, charcoal are heated in air, with H_2SO_4, and Na_2CO_3 : হীরক, গ্রাফাইট ও কয়লা বায়ুতে, H_2SO_4তে ও Na_2CO_3-এর সঙ্গে উত্তপ্ত করা হইলে কি ঘটে ?

6. Why is it that HCl, and not H_2SO_4, is used for preparing CO_2 from marble or limestone ? মার্বেল বা চুনাপাথর হইতে CO_2 পাইতে হইলে H_2SO_4 ব্যবহার না করিয়া HCl ব্যবহার করা হয় কেন ? (C. U. 1940, '42,)

6(a) Why do you consider CO_2 as an acidic oxide ? How carbonates are formed ? Give examples and reactions. Give the formula of calcium bicarbonate. CO_2কে আম্লিক অক্সাইড মনে হয় কেন ? কারবনেট কি প্রকারে প্রস্তুত হয় ? ক্যালসিয়াম বাইকারবনেটের সংকেত কি ?

7 What happens and why happens when

(a) CO_2 is passed over red-hot coke. (b) Charcoal is placed over water under receiver of an air-pump and pump is worked. (c) Recently heated charcoal is put in a jar of NH_3 over mercury. (d) A mixture of CuO (black) and charcoal is heated in a hard tube. (e) A little lime-water is poured into a jar of CO_2. (f) A lighted taper is put in a jar of CO_2. (g) Lime-kiln gas is passed into NaOH solution.

কি ও কেন ঘটে যখন (a) লোহিত তপ্ত কয়লার উপর দিয়া CO_2 অতিক্রম করানো হয় ; (b) বায়ু-নিষ্কাশক যন্ত্রের আসনের উপর জলে কয়লা রাখিয়া পাম্প চালানো হয়। (c) NH_3 গ্যাসপূর্ণ জারে সদ্য উত্তপ্ত কয়লা রাখা হয় ; (d) শক্ত নলে কয়লা ও CuO উত্তপ্ত করা হয় ; (e) CO_2 পূর্ণ গ্যাসজারে একটু চুনের জল ঢালা হয় ; (f) CO_2 পূর্ণ গ্যাসজারে জ্বলন্ত শিখা প্রবেশ করানো হয় ; (g) চুনা-ভাটির গ্যাস NaOH দ্রবণকে অতিক্রম করানো হয়।

8. Describe the Solvay process of manufacturing washing soda. ধৌত সোডার শিল্প উৎপাদনের সল্‌ভে প্রণালী বর্ণনা কর।

9. Fill up the gaps :—

(a) CO_2 is — when charcoal is — in an — supply of O_2.
(b) $CaCO_3$ + great heat = — + —.
(c) $Ca(OH)_2$ + — = — + H_2O.
(d) CO + — = — + H_2.

শূন্যস্থান পূরণ কর :—

(a) যখন কয়লাকে—অক্সিজেনের প্রবাহে—হয় তখন CO_2—হয়।
(b) $CaCO_3$ + উত্তাপ = — + —
(c) $Ca(OH)_2$ + — = — + H_2O
(d) CO + — = — + H_2

10. How is CO_2 prepared in the laboratary ? Describe some experiments to illustrate its properties. CO_2 পরীক্ষাগারে কি প্রকারে প্রস্তুত হয় ? ইহার ধর্ম দেখাইবার কয়েকটি পরীক্ষা বর্ণনা কর।

11. How CO_2 is commercially prepared ? CO_2-এর পণ্য-উৎপাদন কিরূপে হয় ? (C. U. 1910, '15, '45, Nag. U. 1939).

12. Describe a carbon cycle. কারবন-চক্র বর্ণনা কর।

13. Write short notes on : Dry ice, soda water, baking powder, fire extinguisher. শুষ্ক বরফ, সোডা ওয়াটার, বেকিং পাউডার, অগ্নিনির্বাপক যন্ত্র সম্পর্কে সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও।

14. Why the quantity of CO_2 in the atmosphere remains the same ? বায়ুমণ্ডলে CO_2-র পরিমান ঠিক থাকে কেন ?

নবম অধ্যায়

গ্যাসের আচরণ

(Behaviour of Gases)

বয়েল সূত্র, চার্লস সূত্র, গ্যাসের সমীকরণ

(Boyle's Law, Charles's Law and Gas equation)

[**Course Content :** Behaviour of gases—Boyle's law, Charles's law, Gas-Equation. Experimental verification of these laws not required in Chemistry.]

১১০। **গ্যাসের বিশিষ্ট আচরণ :** উষ্ণতার পার্থক্য অনুসারে পদার্থ কঠিন, তরল ও গ্যাসীয় অবস্থার মধ্যে যে কোন অবস্থায় থাকিতে পারে, যথা বরফ, জল ও জলীয় বাষ্প। গ্যাসের অবস্থাঘটিত ভৌত ধর্মের কিছু বৈশিষ্ট্য আছে। প্রত্যেক পদার্থই অণু দ্বারা গঠিত। অণুগুলির মধ্যে পারস্পারিক ব্যবধান ও আকর্ষণের উপর পদার্থের ভৌত অবস্থা নির্ভর করে। কঠিনের অণুগুলি খুব কাছাকাছি থাকে। সুতরাং ইহাদের অণুগুলির মধ্যে আকর্ষণ অধিক ও ব্যবধান কম। সেইজন্য নির্দিষ্ট পরিমাণ কঠিন পদার্থের আকার ও আয়তন নির্দিষ্ট।

তরলের অণুগুলির মধ্যে আকর্ষণ অপেক্ষাকৃত কম ও ব্যবধান অপেক্ষাকৃত বেশী। নির্দিষ্ট পরিমাণ তরল পদার্থের নির্দিষ্ট আয়তন থাকে কিন্তু ইহার আকার নির্দিষ্ট থাকে না।

গ্যাসীয় অবস্থায় গ্যাসের অণুগুলির পারস্পরিক আকর্ষণী-শক্তি কমিয়া যায় এবং আণবিক ব্যবধান বাড়িয়া যায়। আকর্ষণের দ্বারা অণুগুলিকে একত্র সন্নিবিষ্ট করার ক্ষমতা গ্যাসের নাই। সমস্ত গ্যাসই প্রসারণশীল, সেইজন্য গ্যাসের কোন নির্দিষ্ট আকার ও আয়তন নাই। ইহা পাত্রের আকার ও আয়তন দুইই গ্রহণ করে। গ্যাসের অণুগুলি দ্রুতবেগে ইতস্তত: সঞ্চরণ করে। সেইজন্য গ্যাস সমস্ত আধারময় ছড়াইয়া থাকে। ইহার গতিশীল অণুগুলি আধারের গায়ে অনবরত ধাক্কা দেয়। গ্যাসের অণুগুলি গতীয় শক্তি (kinetic energy) সম্পন্ন হয়। ইহাতে পাত্রের গায়ে চাপ পড়ে। ইহাকে **গ্যাসীয় চাপ** (Pressure) বলে। গ্যাস মাত্রেরই চাপ থাকে।

একদিকে গ্যাস এবং অন্যদিকে কঠিন ও তরলের মধ্যে প্রধান পার্থক্য যে চাপ ও তাপের সামান্য পরিবর্তনে গ্যাসের আয়তনের প্রভূত পরিবর্তন হয়। কঠিন ও তরলের এইরূপ পরিবর্তন খুব সামান্য। কারণ কঠিনে ও তরলে অণুগুলির মধ্যে ব্যবধান খুব সামান্য। 100 ঘন. সে. মি. মোমের উপর 15 সের ওজন চাপাইলে মোম চ্যাপ্টা হইবে বটে কিন্তু উহার আয়তন প্রায় 100 ঘঃ সে. মি. থাকে। আবার 100 ঘ. সি. সি. জলের উপর দুই বায়ু মণ্ডলের চাপ দিলে জলের আয়তন 99·99 ঘ. সে. মি. হয়। কিন্তু 100 ঘ. সে. মি. গ্যাসের উপর এক মণ ওজন চাপাইলে ইহার আয়তন অনেক কমিয়া যায়। গ্যাসের আর একটি বিশিষ্ট আচরণের কথা মনে রাখিবে একই আয়তনের বিভিন্ন কঠিন ও তরল একই উষ্ণতার পার্থক্যের জন্য বিভিন্ন মাত্রায় প্রসারিত হয়। কিন্তু **যে কোন গ্যাসের সম আয়তন সম মাত্রার চাপ ও তাপে সম পরিমাণ পরিবর্তিত হয়।** 100 ঘ. সে. মি. O_2, N_2, H_2 অথবা CO_2 প্রভৃতি যে কোন গ্যাসের উপর চাপের মাত্রা দ্বিগুণ করিলে আয়তন 50 ঘ. সে. মি. হইবে। ইহাকে 0°C হইতে 100°C উষ্ণতা বৃদ্ধি করিলে আয়তন 136·6 সি. সি. হইবে।

১১০(ক) **গ্যাসের আয়তন মাপা :** কঠিন ও তরল ওজন করিয়া মাপা যায় কিন্তু গ্যাসের ওজন মাপা সাধারণতঃ অসুবিধাজনক, সেইজন্য গ্যাসকে আয়তন হিসাবে মাপা হয়, কিন্তু গ্যাসের আয়তন উল্লেখ করিলে সঙ্গে সঙ্গে চাপ ও উষ্ণতা দুইই উল্লেখ করা প্রয়োজন। শুধু "20 ঘঃ সেঃ মিঃ অক্সিজেন" বলিলে কিছুই বোঝায় না। কারণ "20 ঘঃ সেঃ" অক্সিজেন বিভিন্ন উষ্ণতায় ও বিভিন্ন চাপে বিভিন্ন আয়তন অধিকার করে। গ্যাসের চাপ, উষ্ণতা ও আয়তনের সম্পর্ক বয়েল সূত্র ও চার্লস সূত্র দ্বারা নির্ণীত হয়।

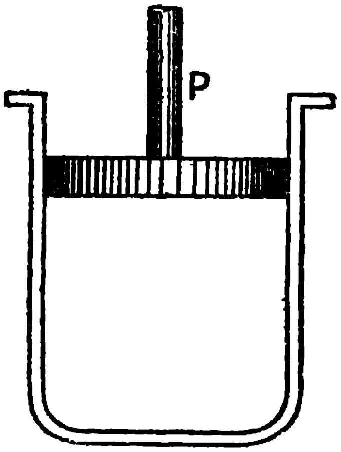
১১১। **বায়ুমণ্ডলের চাপ :** গ্যাসের চাপ মাপা হয় বায়ুমণ্ডলের চাপ অনুযায়ী। প্রায় এক মিটার দীর্ঘ একমুখ বন্ধ নলকে ও শুষ্ক বিশুদ্ধ পারদপূর্ণ করিয়া খোলা মুখ আঙুল দিয়া বন্ধ করিয়া অপর একটি পারদপূর্ণ পাত্রের পারদের মধ্যে নলটি উল্টাইয়া আঙুল সরাইলে পারদ-স্তম্ভ প্রায় 76 সেন্টিমিটারে স্থির হয়। নলের ভিতর পারদের উপরের স্থান শূন্য থাকে। ইহাকে **টরিসেলীয় শূন্যতা** (Toricellian vacuum) বলে। এই পরীক্ষা প্রমাণ করে যে বায়ুমণ্ডলের যে চাপ পড়িতেছে সেই চাপ 76 সেঃ মিঃ পারদ-স্তম্ভকে ঠেলিয়া রাখিয়াছে। বিভিন্ন উষ্ণতায় ও বিভিন্ন

উচ্চতায় বায়ুমণ্ডলের চাপ পরিবর্তিত হয়। O°C উষ্ণতায় নিরক্ষরেখার নিকট সমুদ্র-সমতলে বায়ুমণ্ডলের চাপ = 76 সেন্টিমিটার বা 760 মিঃ মিঃ উচ্চ পারদস্তম্ভের ওজনের সমান $= h \times \rho \times g = 76 \times 13{\cdot}6 \times 980$ ডাইন $= 1{\cdot}01 \times 10^6$ ডাইন (পারদের ঘনত্ব $= \rho = 13{\cdot}6$, $h = 76$ সেঃ মিঃ, $g =$ অভিকর্ষজ ত্বরণ = 980)। এই চাপ প্রতি বর্গইঞ্চিতে 15 পাঃ বা $7\frac{1}{2}$ সের। এই চাপকে এক বায়ুমণ্ডলের চাপ (One Atmosphere) বলে। যদি গ্যাসের চাপ 57 সেন্টিমিটার পারদের সমান হয় তবে এই চাপকে $\frac{57}{76} = \frac{3}{4}$ বায়ুমণ্ডলের চাপও বলে।

O°C উষ্ণতাকে **প্রমাণ উষ্ণতা** ও 76 সেঃ মিঃ চাপকে **প্রমাণ চাপ** (Normal বা Standard temperature and Pressure, N. T. P. or S. T. P.) বলে। সাধারণতঃ বায়ুমণ্ডলের চাপ ডাইনে প্রকাশ না করিয়া পারদস্তম্ভের উচ্চতা দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

বায়ুমণ্ডলের চাপ ও উষ্ণতা নানা কারণে অনবরত পরিবর্তিত হয়। আবার গ্যাসের চাপ ও উষ্ণতার সঙ্গে আয়তন পরিবর্তিত হয়। সেইজন্য বিভিন্ন গ্যাসের আয়তন তুলনা করিবার জন্য আয়তনগুলিকে প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় আনা হয়।

১১২। **বয়েল সূত্র** (**Boyle's Law**) : একটি P পিস্টনযুক্ত বদ্ধ চোঙে নির্দিষ্ট পরিমাণ যে কোন গ্যাস ভর্তি করিয়া পিস্টনের উপর w ওজন চাপাইলে পিস্টন ওজনের পরিমাণ অনুযায়ী নীচে নামিয়া যাইবে। গ্যাসের উপর চাপ বাড়াইলে গ্যাসের আয়তন কমিবে অর্থাৎ গ্যাস সংকোচনশীল। পিস্টনের উপর চাপ কমাইলে পিস্টন উপর দিকে উঠিয়া যাইবে। গ্যাসের উপর চাপ কমাইলে গ্যাসের আয়তন বাড়িবে অর্থাৎ গ্যাস প্রসারণশীল। একই ভরের গ্যাসের আয়তন বিভিন্ন চাপে বিভিন্ন হইবে।



৬৩নং চিত্র—পিস্টনযুক্ত চোঙ

এখন প্রশ্ন হইতে পারে যে পিস্টন উপরের ওজনের জন্য একবারে চোঙের তলায় পড়ে না কেন? পিস্টনের উপর রক্ষিত (মনে কর w) ওজনের জন্য গ্যাসের উপর নিম্নমুখী চাপ পড়ে, আবার গ্যাসের দ্রুতবেগে ইতঃস্তত সঞ্চরণশীল অণুগুলি পিস্টনের তলায় ঊর্ধ্বমুখী

চাপ দেয়। এই ঊর্ধ্বমুখী চাপ না থাকিলে পিস্টনটি নিজের ভারে চোঙের তলায় পড়িয়া যাইত কিন্তু গ্যাসের ঊর্ধ্বমুখী চাপের জন্য পিস্টন এক অবস্থায় আসিয়া স্থির হয় যখন পিস্টনের উপর ওজনের নিম্নমুখী চাপ = গ্যাসের নিজস্ব ঊর্ধ্বমুখী চাপ। গ্যাসের নিজেরও চাপ দিবার ক্ষমতা আছে। এই ক্ষমতা পিস্টনের চাপের সমান।

1662 খ্রীস্টাব্দে রবার্ট রয়েল গ্যাসের চাপের সঙ্গে আয়তনের সম্পর্ক প্রথম আবিষ্কার করেন। ইহাকে **বয়েল সূত্র** বলে।

সূত্র : "নির্দিষ্ট উষ্ণতায় কোন নির্দিষ্ট ভরের যে কোন গ্যাসের আয়তন গ্যাসের উপর চাপের সহিত ব্যস্তানুপাতে (inversely) পরিবর্তিত হয়।"

গ্যাসের উষ্ণতা বৃদ্ধি পাইলে আয়তন বৃদ্ধি পায়। সুতরাং কেবল চাপের প্রভাবে আয়তনের পরিবর্তন মাপিতে হইলে উষ্ণতা নির্দিষ্ট রাখিতে হয়।

সূত্রের ব্যাখ্যা : বয়েল-সূত্রের অর্থ হইল যে নির্দিষ্ট উষ্ণতায় গ্যাসের চাপ যদি দ্বিগুণ করা যায় তবে গ্যাসের আয়তন অর্ধেক হইবে। আর চাপ যদি অর্ধেক করা যায় তবে আয়তন দ্বিগুণ হইবে। চাপ যদি এক তৃতীয়াংশ করা যায়, তবে আয়তন তিন গুণ হইবে। মনে কর 20°C উষ্ণতায় ও 760 মি. মি. চাপে কোন গ্যাসের আয়তন = 10 ঘঃ সে. মি.। এই উষ্ণতা স্থির রাখিয়া চাপ 2×760 মি মি. বাড়াইলে বিপরীত অনুপাতে কমিয়া আয়তন $\frac{10}{2} = 5$ ঘঃ সে. মি. হয়। আবার চাপ $\frac{760}{2}$ মি. মি. করিলে আয়তন বিপরীত অনুপাতে বাড়িয়া $10 \times 2 = 20$ ঘঃ সে. মি. হইবে।

সূত্রের গাণিতিক আকার : মনে কর, কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের চাপ = P, আয়তন = V.

$$\text{তবে বয়েল সূত্র অনুযায়ী } V \propto \frac{1}{P}$$

$$\text{চাপ} \times \text{আয়তন} = PV.$$

চাপ অর্ধেক করিলে আয়তন দ্বিগুণ হয়।

$$\therefore \ \text{চাপ} = \frac{P}{2} = P_1, \ \text{আয়তন} = 2V = V_1$$

$$\therefore \ \text{চাপ} \times \text{আয়তন} = P_1 \times V_1 = \frac{P}{2} \times 2V = PV.$$

আবার চাপ দ্বিগুণ করিলে আয়তন অর্ধেক হয়।

$\therefore$ চাপ $= 2P = P_2$, আয়তন $\frac{V}{2} = V_2$

$\therefore$ চাপ × আয়তন $= P_2 \times V_2 = 2P \times \frac{V}{2} = PV$

$\therefore$ $PV = P_1 V_1 = P_2 V_2 \cdots\cdots = K$

$K =$ ধ্রুবক (Constant)—ইহা একটি নিত্য সংখ্যা।

বয়েল সূত্র অক্সিজেন, হাইড্রোজেন প্রভৃতি যে কোন গ্যাসের পক্ষে প্রযোজ্য।

সকল গ্যাসের সম অবস্থায় চাপের ও আয়তনের গুণফল এক।

১১৩। গ্যাসের চাপ ও ঘনাঙ্ক ঃ মনে কর M ভরবিশিষ্ট গ্যাসের P চাপে আয়তন ও ঘনাঙ্ক যথাক্রমে V ও D এবং P_1 চাপে আয়তন ও ঘনাঙ্ক যথাক্রমে V_1 ও D_1.

$$\text{ভর } M = V \times D = V_1 \times D_1$$

$$\therefore \frac{V}{V_1} = \frac{D_1}{D}$$

অর্থাৎ নির্দিষ্ট উষ্ণতায় আয়তন ঘনাঙ্কের ব্যস্তানুপাতে পরিবর্তিত হয় $V \propto D$।

$$\text{বয়েল সূত্রানুসারে } \frac{V}{V_1} = \frac{P_1}{P} \quad \therefore \frac{D_1}{D} = \frac{P_1}{P}$$

কথায়, **নির্দিষ্ট উষ্ণতায় ঘনাঙ্ক ও চাপ সমানুপাতিক হয়** অর্থাৎ $D \propto P$.

এই দুই সূত্র এক করিয়া আমরা পাই যে নির্দিষ্ট উষ্ণতায় গ্যাসের চাপ বাড়িলে আয়তন কমে, ঘনাঙ্ক বাড়ে, আবার চাপ কমিলে আয়তন বাড়ে, ঘনাঙ্ক কমে।

অঙ্ক ঃ 1. If 100 c.c. of any gas at normal pressure be 76 c.c. at higher pressure, what is the incerease in pressure, temperature being constant ?

মনে কর, $P =$ শেষ চাপ

$\therefore$ বয়েল সূত্রানুসারে $P \times 76 = 760 \times 100$ (কারণ প্রমাণ চাপ $= 760$ মিঃ মিঃ)

$\therefore$ $P = 1000$ মিঃ মিঃ $\therefore$ চাপ-বৃদ্ধি $= 1000 - 760 = 240$ মিঃ মিঃ

2. One-fourth litre of a gas at 360 m. m. becomes 200 c.c. at higher pressure. What is the new-pressure ?

$P \times 200 =$ সিকি লিটার $\times 360 = 250 \times 360.$

কারণ 1 লিটার = 1000 ঘঃ সেঃ মিঃ.

$$\therefore \quad P = \frac{250 \times 360}{200} = 450$$ মিঃ মিঃ।

3. At a certain temperature, the volume of a certain mass of gas is 8 litres at pressure of 57 m. m. What is its volume at 76 m. m. ?

প্রথম পদ্ধতি ঃ চাপ-বৃদ্ধির অনুপাত $= \frac{76}{57} = \frac{4}{3}$

∴ বয়েল সূত্রানুসারে আয়তনের হ্রাসের অনুপাত $= \frac{4}{3}$.

∴ নূতন আয়তন $= 8 \times \frac{3}{4} = 6$ লিটার।

দ্বিতীয় পদ্ধতি ঃ

বয়েল সূত্রানুসারে $= PV = P_1V_1$

$\therefore \quad 8 \times 57 = V_1 \times 76$

$$\therefore \quad V_1 = \frac{8 \times 57}{76} = 6$$ লিটার

4. The volume of a gas with a solid in it is 100 c.c. at 760 m.m. pressure. The volume becomes 80 c. c. if the pressure is increased to 1000 m.m. What is the volume of the solid ?

মনে কর, কঠিনের আয়তন = V ঘঃ সেঃ মিঃ।

চাপে কঠিনের আয়তনের কোন পরিবর্তন হয় না।

760 সেঃ মিঃ চাপে গাসের আয়তন $= (100 - V)$ ঘ. সে. মি. 1000 সে. মি. চাপে গ্যাসের আয়তন $= (80 - V)$ ঘ. সে. মি.।

∴ বয়েল সূত্রানুসারে

$$760 \times (100 - V) = 1000 \times (80 - V)$$

$$V = 16{\cdot}6$$ ঘঃ সেঃ মিঃ

5. The density of the gas at 760 mm. prssure is 16. What would be its density if the pressure be increased thrice at the same temperature ?

মনে কর, নূতন ঘনাঙ্ক $= D_1$

আমরা জানি ঘনাঙ্ক $\propto$ চাপ.

$$\therefore \frac{16}{D_1} = \frac{760}{3 \times 760} \quad \therefore D_1 = \frac{16 \times 3 \times 760}{760} = 48.$$

6. At N.T. P. the density of a gas is 20. At what pressure and at 0°C the density would be treble ?

মনে কর নূতন চাপ $= P$

বয়েল সূত্রানুসারে $\frac{20}{60} = \frac{760}{P}$

$$\therefore \quad P = \frac{760 \times 60}{20} = 2280 \text{ মিঃ মিঃ।}$$

এখানে উষ্ণতা একই আছে।

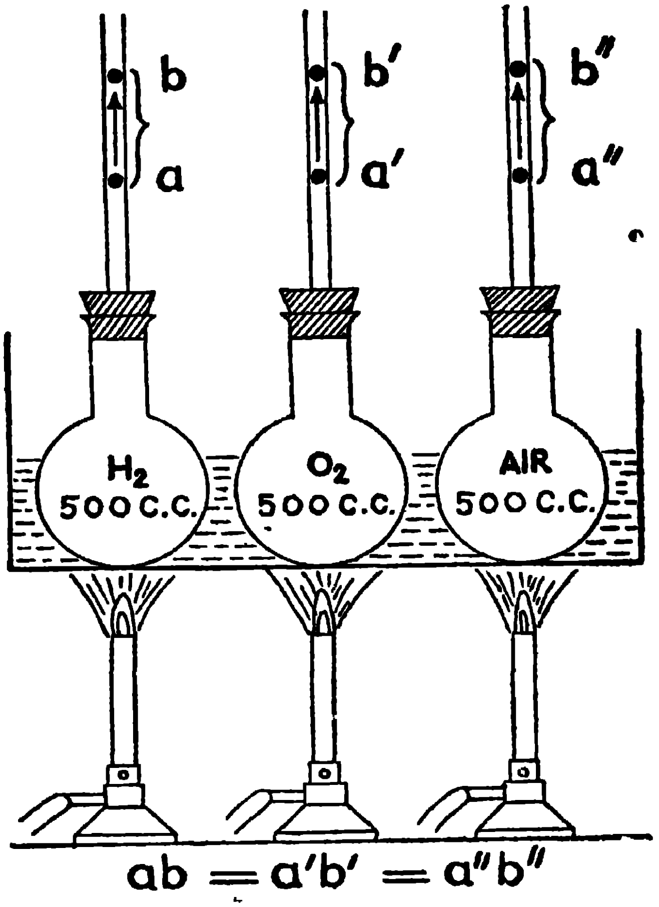
১১৪। চার্লস সূত্র (Charles's Law) ঃ নির্দিষ্ট চাপে উষ্ণতার হ্রাস বা বৃদ্ধির সঙ্গে নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন হ্রাস বা বৃদ্ধি পায়।

সকল কঠিন ও তরলের আয়তন একই উষ্ণতার প্রভাবে সমভাবে বাড়ে না কিন্তু **একই উষ্ণতার প্রভাবে প্রত্যেক গ্যাসের আয়তন একই মাত্রায় বাড়ে।**

পরীক্ষা ঃ (১) একটি ফ্লাস্কের মুখে আঁট করিয়া একটি রবারের ছিপি লাগাও। ছিপির মুখে একটি সরু কাচনল লাগাও। ফ্লাস্ককে উল্টাইয়া ম্যাজেণ্টার দ্রবণের মধ্যে কাচনলের শেষ প্রান্ত রাখ। ফ্লাস্ককে গরম কর, ফ্লাস্কের ভিতরকার বায়ু উত্তাপে প্রসারিত হয় এবং বুদবুদের আকারে বাহির হইয়া যায়। ফ্লাস্ককে শীতল হইতে দাও। ফ্লাস্কের ভিতরকার বায়ু সংকুচিত হয়। রঙ্গিন ম্যাজেণ্টা দ্রবণ নল বাহিয়া ফ্লাস্কের ভিতর ঢোকে এবং বহির্গত বায়ুর স্থান অধিকার করে।

(২) কতকগুলি সমান আয়তনের (মনে কর 500 ঘ. সে. মি.) শক্ত ফ্লাস্ক লইয়া প্রত্যেকের মুখে রবারের ছিপির মধ্য দিয়া সমান মাপের ও ব্যাসের সরু নল লাগাও। ভিন্ন ভিন্ন ফ্লাস্কে ভিন্ন ভিন্ন গ্যাস ভর্তি কর। প্রত্যেক সরু নলের ভিতর এক ফোঁটা পারদ রাখ। ফ্লাস্কগুলিকে একই জল-গাহের ভিতর ধারকের (clamp) সাহায্যে সোজাভাবে রাখ, জলকে গরম করিলে ও নাড়িলে দেখা যায় যে প্রত্যেক ফ্লাস্কের নলে পারদের ফোঁটা সমদূরত্বে উপরে উঠে। এই দূরত্ব স্কেল দিয়া মাপিয়া দেখা যায় অর্থাৎ **সকল গ্যাস একই**

উষ্ণতা-বৃদ্ধির জন্য সমভাবে প্রসারিত হয়। গ্যাসের উষ্ণতার সঙ্গে আয়তনের পরিবর্তনের সম্পর্ক চার্লস আবিষ্কার করেন। ইহাকে **চার্লস সূত্র** বলে।



৬৪নং চিত্র—সকল গ্যাস একই উষ্ণতা-বৃদ্ধির জন্য সমভাবে প্রসারিত হয়।

সূত্র ঃ "যে কোন নির্দিষ্ট চাপে 1°C উষ্ণতার হ্রাস-বৃদ্ধির জন্য নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন ইহার 0°C উষ্ণতায় যে আয়তন থাকে তাহার $\frac{1}{273}$ ভগাংশ দ্বারা হ্রাস-বৃদ্ধি প্রাপ্ত হয়।"

মনে কর, 0°C উষ্ণতায় কোন নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন $= V_0$

1°C উষ্ণতা-বৃদ্ধির জন্য এই গ্যাসের আয়তন $= V_0 + \frac{V_0}{273}$

$$= V_0\left(1+\frac{1}{273}\right)$$

10°C „ „ „ „ „ „ $= V_0 + V_0 \times \frac{10}{273}$

$$V_0\left(1+\frac{10}{273}\right)$$

$-5°C$ উষ্ণতা-হ্রাসের জন্য আয়তন $=V_0-V_0\times\frac{5}{273}=V_0\left(1-\frac{5}{273}\right)$

$t°C$ উষ্ণতা-বৃদ্ধির জন্য আয়তন $=V_0+V_0\times\frac{t}{273}=V_0\left(1+\frac{t}{273}\right)$

এখানে $t°$ = যে কোন উষ্ণতা।

O°C উষ্ণতায় কোন গ্যাসের আয়তন এক ঘঃ সেঃ মিঃ হইলে 50°C উষ্ণতায় আয়তন $\left(1+\frac{50}{273}\right)$ ঘঃ সেঃ মিঃ হইবে।

দ্রষ্টব্য ঃ 1°C উষ্ণতা পরিবর্তনের জন্য কঠিন ও তরল অপেক্ষা গ্যাস অধিক পরিমাণে প্রসারিত হয়। সেইজন্য গ্যাসের বেলায় প্রাথমিক আয়তন O°C উষ্ণতার আয়তন ধরা হয়।

১১৫। চাপের সূত্র (Law of Pressure) ঃ কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসকে নির্দিষ্ট আয়তনে রাখিয়া ইহার উষ্ণতার পরিবর্তন করিলে ইহার চাপও পরিবর্তিত হয়

সূত্র এইরূপ ঃ—"যে কোনও নির্দিষ্ট আয়তনের প্রতি 1°C উষ্ণতার হ্রাস বা বৃদ্ধির জন্য নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের চাপ ইহার O°C উষ্ণতায় যে চাপ থাকে তাহার $\frac{1}{273}$ ভগ্নাংশ দ্বারা হ্রাস বা বৃদ্ধি প্রাপ্ত হয়।"

মনে কর, O°C উষ্ণতায় কোন নির্দিষ্ট আয়তনের নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের চাপ $=Po$.

1°C উষ্ণতা-বৃদ্ধির জন্য চাপ $=Po+Po\times\frac{1}{273}=Po\left(1+\frac{1}{273}\right)$

10°C " " " " $=Po+Po\times\frac{10}{273}=Po\left(1+\frac{10}{273}\right)$

$-5°C$ " " " " $=Po+Po\times\frac{-5}{273}=Po\left(1-\frac{5}{273}\right)$

$t°C$ " " " " $=Po+Po\times\frac{t}{273}=Po\left(1+\frac{t}{273}\right)$

O°C উষ্ণতায় কোন গ্যাসের চাপ 760 মিঃ মিঃ হইলে 91°C উষ্ণতায় চাপ $\left(760+760\times\frac{91}{273}\right)=760+760\times\frac{1}{3}=1013\frac{1}{3}$ মিঃ মিঃ।

মনে রাখিবে গ্যাসের আয়তনের উপর চাপের ও তাপের প্রভাব বিপরীতমুখী অর্থাৎ চাপ বাড়াইলে ও উষ্ণতা কমাইলে গ্যাসের আয়তন কমে; চাপ কমাইলে ও উষ্ণতা বাড়াইলে আয়তন বাড়ে।

১১৬। প্রসারাঙ্ক (Coefficient of expansion) : নির্দিষ্ট চাপে O°C হইতে 1°C পর্যন্ত একক আয়তনযুক্ত গ্যাসের প্রসারণকে আয়তন-প্রসারাঙ্ক বলে।

যদি O°Cতে ও t°Cতে আয়তন যথাক্রমে V_o ও V_t হয় এবং উষ্ণতা-বৃদ্ধি t°C হয় তবে আয়তন-প্রসারাঙ্ক $=\dfrac{V_t-V_o}{V_o\times t}$.

সেইরূপ চাপ-প্রসারাঙ্ক $=\dfrac{P_t-P_o}{P_o\times t}$.

১১৭। উষ্ণতার পরম স্কেল (Absolute Scale of Temperature) : যদি O°C উষ্ণতায় কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন V_o ঘঃ সেঃ মিঃ হয় এবং চাপ না বদলাইয়া যদি ইহার উষ্ণতা 273°C হ্রাস করা যায় তবে −273°C উষ্ণতায় চার্লস সূত্রানুসারে নূতন আয়তন $=V_o\,(1-\frac{273}{273})=0$ ঘঃ সেঃ মিঃ অর্থাৎ—273°C উষ্ণতায় গ্যাসের আয়তনের মান শূন্য হয়, আয়তন লোপ পায়। গ্যাস-থার্মমিটারে −273°C সর্বনিম্ন উষ্ণতা। এই উষ্ণতাকে **পরম শূন্য** (Absolute Zero) বলে। নানা সুবিধার জন্য জলের হিমাঙ্ককে O° শূন্য ডিগ্রি না ধরিয়া পরম শূন্যকে (−273°C) O° ধরিয়া উষ্ণতা মাপা হয়। এইরূপ স্কেলকে **পরম স্কেল** (Absolute Scale) বলে। পরম স্কেল অনুসারে যে উষ্ণতা মাপা যায় তাহাকে **পরম উষ্ণতা** (Absolute Temperature) বলে। ইহাকে T°A লেখা হয়। অনেক সময় এই উষ্ণতা আবিষ্কারক লর্ড কেলভিনের (Kelvin) নামানুসারে উষ্ণতাকে T°K লেখা হয়।

পরম শূন্য উষ্ণতা আজ পর্যন্ত গ্যাস থার্মমিটারে পাওয়া যায় নাই। কারণ সব গ্যাসই পরম শূন্য উষ্ণতায় পৌছিবার পুর্বেই তরল বা কঠিনে পরিণত হয়। আবার কঠিনের ও তরলের ক্ষেত্রে গ্যাসের সূত্রগুলি প্রযোজ্য নয়।

১১৮। পরম স্কেল ও অন্য স্কেলের তুলনা :

পরম স্কেল অনুসারে জলের হিমাঙ্ক O°C = 273°A ;

100°C = (273° + 100°) = 373°A.

∴ পরম স্কেলের মান = সেণ্টিগ্রেড পঠন + 273.

যদি T° = পরম স্কেলের পঠন ও t° = সেণ্টিগ্রেড স্কেলের পঠন হয় তবে T° = t° + 273°.

যেহেতু $273°C = 491·4F°$: পরম শূন্য $= 32°F - 491·4 = -459·4°F$.

পরম স্কেলের পঠন = ফারেনহিট স্কেলের পঠন $+ 459·4$। $-273°C$ উষ্ণতায় গ্যাসের আয়তন বা চাপ শূন্য হয়।

১১৯। পরম স্কেলে সূত্রগুলির আকার ঃ

(ক) চার্লস সূত্র ঃ মনে কর, নির্দিষ্ট চাপে কোন ভরের গ্যাসের আয়তন $0°C$ উষ্ণতায় V_o ঘঃ সিঃ মিঃ, $t°C$ উষ্ণতায় V ঘঃ সেঃ মিঃ, $t'C$ উষ্ণতায় V' ঘঃ সেঃ মিঃ।

চার্লস সূত্রানুসারে $V = V_o\left(1+\frac{t}{273}\right)$ এবং $V' = V_o\left(1+\frac{t'}{273}\right)$

অথবা $V = V_o\left(\frac{273+t}{273}\right)$ এবং $V' = V_o\left(\frac{273+t'}{273}\right)$

অথবা $V = V_o \times \frac{T}{273}$ এবং $V' = V_o \times \frac{T'}{273}$

কারণ $273 + t = T$ এবং $273 + t' = T'$

$$\therefore \frac{V}{V'} = \frac{V_o \times \frac{T}{273}}{V_o \times \frac{T'}{273}} = \frac{T}{T'} \text{ অথবা } \frac{V}{T} = \frac{V'}{T'} = K \text{ (ধ্রুবক)।}$$

যখন $P =$ ধ্রুবক তখন $V \propto T$.

কথায়, **নির্দিষ্ট চাপে নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন ও পরম উষ্ণতা সমানুপাতিক** (directly proportional) **হয়।**

(খ) **চাপের সূত্র ঃ** আবার চাপের নিয়ম হইতে, $P = P_o\left(1+\frac{t}{273}\right)$

$$P' = P_o\left(1+\frac{t'}{273}\right) \quad \therefore \frac{P}{P'} = \frac{273+t}{273+t'} = \frac{T}{T'}$$

$$\frac{P}{T} = \frac{P'}{T'} = K \text{ (ধ্রুবক) } \therefore \; P \propto T \text{ যখন } V = \text{ধ্রুবক।}$$

কথায়, **নির্দিষ্ট আয়তনে নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের চাপ ও পরম উষ্ণতা সমানুপাতিক হয়।**

(গ) **ঘনাঙ্ক সূত্র ঃ** আমরা জানি $V = \frac{M}{D}$, $V' = \frac{M}{D'}$ এবং $\frac{V}{V'} = \frac{T}{T'}$ (যখন চাপ নির্দিষ্ট)।

$$\therefore \frac{V}{V'} = \frac{M}{D} \times \frac{D'}{M} = \frac{T}{T'} \quad \therefore \frac{D'}{D} = \frac{T}{T'}$$

কথায়, **নির্দিষ্ট চাপে নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের ঘনাঙ্ক ও পরম উষ্ণতা ব্যস্তানুপাতিক** (inversely proportional) **হয়।**

1. **16 litres of gas is heated from 0° to 80°C. What is its new volume, pressure being constant ?**

মনে কর নির্ণেয় আয়তন $=V$

চার্লস সূত্রানুসারে $\frac{V}{16}=\frac{273+80}{273+0}$

$\therefore \quad V=\frac{353\times16}{273}=20{\cdot}388$ লিটার।

2. **Take 400 c. c. of a gas at 27°C. What is the volume if it is cooled to—20°C at constant pressure ?**

মনে কর নির্ণেয় আয়তন $=V$

চার্লস সূত্রানুসারে $\frac{V}{400}=\frac{273-20}{273+27}$

$\therefore \quad V=\frac{400\times253}{300}=337{\cdot}32$ ঘ: সে: মি:।

3. **At what temperature the volume of 200 c. c. of gas at 27°C will be treble ?**

মনে কর নির্ণেয় উষ্ণতা $=t$°C

চার্লস সূত্রানুযায়ী $\frac{200}{3\times200}=\frac{273+27}{t+273}=\frac{300}{t+273}$

$\therefore \quad t+273=3\times300$

$\therefore \quad t=900-273=627$°C

4. **The density of a gas at 0°C is 20. What will be its density at—91°C ?**

মনে কর নির্ণেয় ঘনাঙ্ক $=D$

চার্লস সূত্রানুযায়ী $\frac{D}{20}=\frac{273}{273-91}=\frac{273}{182}\quad 3$

$D=\frac{20\times3}{2}=30$

১২০। গ্যাস সূত্রগুলির সমন্বয় (Combination of Gas Laws) : নির্দিষ্ট চাপে ও নির্দিষ্ট তাপে পৃথকভাবে আয়তন কিরূপে পরিবর্তিত হয় তাহা

দেখিয়াছি। এইবার তাপ ও চাপ উভয়েই একসঙ্গে পরিবর্তিত হইলে আয়তন কিরূপে পরিবর্তিত হয় তাহা আলোচনা করিব। মনে কর, P চাপে ও T পরম উষ্ণতায় নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন $= V$। এখন P^1 চাপে T^1 পরম উষ্ণতায় ঐ গ্যাসের আয়তন V^1 কত হইবে তাহা বাহির করিতে হইবে।

(১) প্রথমে উষ্ণতা নির্দিষ্ট রাখিয়া গ্যাসের চাপ P হইতে P^1-এ পরিবর্তিত করা হইল। মনে কর এখন আয়তন V হইতে V_1 পরিবর্তিত হইল।

$\therefore$ বয়েলের সূত্র অনুসারে $PV = P^1V_1$ $\therefore$ $V_1 = \frac{PV}{P^1}$ ……(1)

(২) এখন চাপ P^1তে নির্দিষ্ট রাখিয়া উষ্ণতা T হইতে T^1 পরিবর্তিত করা হইল। এখন যদি আয়তন V_1 হইতে V^1 পরিবর্তিত হয় তবে।

$$\frac{V_1}{T} = \frac{V^1}{T^1} \quad (1) \text{ হইতে } \quad \frac{PV}{P^1T} = \frac{V^1}{T^1}.$$

$$\therefore \frac{PV}{T} = \frac{P^1V^1}{T^1} = \text{ধ্রুবক (মনে কর } R\text{)।}$$

$\therefore$ $PV = RT$ যেখানে $R =$ গ্যাস ধ্রুবক (Gas Constant)।

কথায়, নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের চাপ ও আয়তনের গুণফল পরম উষ্ণতার সমানুপাতিক হয়। R-এর মান গ্যাসের ভরের উপর নির্ভর করে। R-এর মান $8{\cdot}3 \times 10^7$ আর্গ প্রতি $1^\circ C$।

আবার $P = 1$ বায়ুচাপ, $V =$ গ্যাসের আণবিক আয়তন $= 22{\cdot}4$ লিটার ও $T = 273$ ধরিলে $R = 0{\cdot}082$ লিটার বায়ুচাপ হয়।

এই সমীকরণকে গ্যাস বা অবস্থা সমীকরণ (Gas equation বা Equation of State) বলে। কারণ গ্যাসের P, V, T-এর মধ্যে দুইটি জানা থাকিলে তৃতীয়টি বাহির করিয়া গ্যাসের অবস্থা সম্পূর্ণ জানা যায়।

$PV = RT$ এই সমীকরণ অন্য প্রকারেও পাওয়া যায় :—(i) বয়েল সূত্রানুসারে নির্দিষ্ট উষ্ণতায় গ্যাসের আয়তন চাপের ব্যস্তানুপাতে পরিবর্তিত হয় :

$$V \propto \frac{1}{P} \text{ (যখন } T \text{ নির্দিষ্ট থাকে)……(ক)}$$

(ii) চার্লস সূত্রানুসারে নির্দিষ্ট চাপে গ্যাসের আয়তন চরম উষ্ণতার সমানুপাতে পরিবর্তিত কর :

$$V \propto T \text{ (যখন } P \text{ নির্দিষ্ট থাকে)} \cdots\cdots \text{(খ)}$$

(ক) ও (খ) সূত্রকে একত্র করিলে পরিবর্তনের সূত্রানুসারে (Theorem of variation)

$$V \propto \frac{T}{P} \quad \therefore \quad PV \propto T \quad \therefore PV = RT, \quad R \text{ ধ্রুবক।}$$

১২১। গ্যাসের ঘনাঙ্কের উপর উষ্ণতা ও চাপের প্রভাব :—

আমরা জানি $V = \frac{M}{D}$; $V^1 = \frac{M}{D_1}$; $\frac{PV}{T} = \frac{P^1V^1}{T^1}$ $\therefore \frac{PM}{DT} = \frac{P^1M}{D^1T^1}$

$$\therefore \frac{P}{DT} = \frac{P^1}{D^1T^1}$$

১২২। ডাল্‌টনের অংশচাপ সূত্র (Law Of Partial Pressure) : নির্দিষ্ট আয়তনের পাত্রে দুই বা ততোধিক গ্যাসীয় পদার্থ মিশ্রিত থাকিলে প্রত্যেকে স্বতন্ত্রভাবে যে চাপ সৃষ্টি করে তাহাকে **অংশ চাপ** বলে। নির্দিষ্ট উষ্ণতায় নির্দিষ্ট আয়তনের সংপৃক্ত বা অসংপৃক্ত দুই বা ততোধিক গ্যাসের ও বাষ্পের মিশ্রণের মিলিত চাপ = সেই আয়তনের সেই গ্যাসের ও বাষ্পের পৃথক পৃথক চাপের যোগফল। এই সূত্রকে **ডাল্‌টনের অংশ চাপ** সূত্র বলে।

ব্যাখ্যা : যদি কোন নির্দিষ্ট আয়তনের বিভিন্ন গ্যাসের চাপ p_1, p_2, $p_3 \cdots$ হয় এবং সেই উষ্ণতায় সেই আয়তনেই ইহাদের মিশ্রণের চাপ P হয়, তবে $P = p_1 + p_2 + p_3 \cdots\cdots$ হইবে। মনে রাখিবে এখানে গ্যাস ও বাষ্পের মধ্যে কোন রাসায়নিক ক্রিয়া হয় না। মনে কর একটি বদ্ধ পাত্রে 200 ঘ: সে: মি: অক্সিজেন রাখিলে ইহা 760 মি: মি: চাপ দেয়। অক্সিজেন বাহির করিয়া ইহাতে 300 ঘ: সে: মি: নাইট্রোজেন রাখিলে ইহা 700 মি: মি: চাপ দেয়। এখন এই পাত্রে 200 ঘ: সে: মি: অক্সিজেন ও 300 ঘ: সে: মি: নাইট্রোজেন একসঙ্গে ভর্তি করিলে 500 ঘ: সে: মি: মিশ্রিত গ্যাসের মোট চাপ = 760 + 700 মি: মি: = 1460 মি: মি: হয়।

গাণিতিক সিদ্ধান্ত : মনে কর, V_1 আয়তনের ও P_1 চাপের A গ্যাসকে V_2 আয়তনের ও P_2 চাপের B গ্যাসের সঙ্গে মিশানো হইল। মোট আয়তন $= V_1 + V_2$ হয়। মনে কর, মিশ্রণের চাপ = P, A গ্যাসের আংশিক

(partial) চাপ $=p_1$ ও B গ্যাসের আংশিক চাপ $=p_2$. ∴ $P=p_1+p_2$. মিশ্রণের পর A-র আয়তন V_1+V_2 হয় কিন্তু চাপ p_1 থাকে।

„ „ B „ „ „ „ „ „ p_2 থাকে।

∴ বয়েল সূত্র অনুসারে $p_1=\frac{P_1V_1}{V_1+V_2}$, $p_2=\frac{P_2V_2}{V_1+V_2}$

$$\therefore\ P=(p_1+p_2)=\frac{P_1V_1}{V_1+V_2}+\frac{P_2V_2}{V_1+V_2}$$

বা $P(V_1+V_2)=P_1V_1+P_2V_2$.

দৃষ্টান্ত। One vessel of 800 c.c. capacity contains Oxygen at 160 c.m. pressure. Another vessel of 500 c.c. capacity contains hydrogen at 200 c.m. pressure. Vessels are joined together by a tube with a tap. If the tap is opened what would be the pressure of the mixture ?

মনে কর, P = মিশ্রণের চাপ। মিশ্রণের পর অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন উভয়ের আয়তন (800+500) ঘঃ সেঃ মিঃ হয়। মনে কর, ইহাদের চাপ যথাক্রমে p_1 ও p_2 হয়।

বয়েলের সূত্রানুসারে $p_1=\frac{800\times160}{800+500}$ সেঃ মিঃ, $p_2=\frac{200\times500}{800+500}$ সেঃ মিঃ

কিন্তু $P=p_1+p_2=\frac{800\times160}{800+500}+\frac{200\times500}{800+500}=175{\cdot}4$ সেঃ মিঃ।

১২৩। আর্দ্র গ্যাস (Moist gas) : পরীক্ষাগারে যে সকল গ্যাস জলের উপর সংগ্রহ করিতে হয় সেই সকল গ্যাসে জলীয় বাষ্প মিশ্রিত থাকে। এই গ্যাসের চাপ নির্ণয় করিবার সময় জলীয় বাষ্পের চাপ বাদ দিতে হয়। গ্যাসজারে গ্যাস সংগ্রহ করিবার পর গ্যাসজারের জলের তল ভিতরে ও বাহিরে সমান করিয়া সংগৃহীত গ্যাসের আয়তন মাপিতে হয়। এই অবস্থায় বাহিরের বায়ুর চাপ P = আর্দ্র গ্যাসের চাপ = শুষ্ক গ্যাসের চাপ (প্রকৃত চাপ) p + সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ f (aqueous tension) (পরীক্ষার সময়ের উষ্ণতায়)। বায়ুর চাপ = ব্যারোমিটারের চাপ ∴ $p=P-f$. মনে কর-আর্দ্র গ্যাসের উষ্ণতা ও আয়তন $=t°$ ও V এবং N. T. Pতে ঐ গ্যাসের আয়তন $=V_1$ ∴ $\frac{V_1\times760}{273}=\frac{V(P-f).}{273+t.}$ ∴ $V_1=\frac{V\times(P-f)\times273°}{760\times(273+t°)}$

প্রত্যেক ডিগ্রিতে ও ডিগ্রির ভগ্নাংশে জলীয় বাষ্পের চাপ রেনোর তালিকায় (Regnault's table) লিপি বদ্ধ করা আছে।

দৃষ্টান্ত : 200 c.c. of Hydrogen gas is collected at 17°C and 750 m.m. pressure over water. What volume will the gas in dry condition occupy at N. T. P. (Th3 vapour pressure of water at 17°C is 14·4 m,m.)

হাইড্রোজেনের চাপ $=(750-14{\cdot}4)=735{\cdot}6$ মিঃ মিঃ।' মনে কর, হাইড্রোজেনের প্রমাণ চাপ ও প্রমাণ উষ্ণতায় আয়তন $=V$ ঘঃ সেঃ মিঃ।

গ্যাসের সূত্রানুযায়ী $\frac{PV}{T}=\frac{P_1V_1}{T_1}$ $\therefore$ $\frac{200\times735\ 6}{273+17}=\frac{V\times760}{273}$

$$\therefore\quad V=\frac{200\times735\ 6\times273}{760\times290}=182{\cdot}23$$ ঘঃ সেঃ মিঃ।

১২৪। ব্যাপন (Diffusion) : অভিকর্ষের বিরুদ্ধে একটি পদার্থের অপর একটি পদার্থের ভিতরে স্বাভাবিক ও স্বতঃ অনুপ্রবেশকে **ব্যাপন** বলে। গ্যাসের ব্যাপন খুব তাড়াতাড়ি হয়। সকল গ্যাসই পরস্পর একত্রিত হইলে সম্পূর্ণরূপে মিশিয়া যায় এবং মিশ্রণ সমস্বত্ব হয় যদি উহাদের কোন রাসায়নিক ক্রিয়া না হয়। ক্লোরিন গ্যাস বায়ুর চেয়ে 2½ গুণ ভারী হইলেও একটি ঘরে ক্লোরিনের পাত্র খুলিলে ক্লোরিন সমভাবে ঘরময় ছড়াইয়া পড়ে এবং ঘরের সর্বত্র ক্লোরিনের অনুপাত সমান হয়। ক্লোরিনের গন্ধে ইহা বোঝা যায়। অক্সিজেনপূর্ণ গ্যাস-জারের উপর হাইড্রোজেনপূর্ণ গ্যাস মুখোমুখি খুলিয়া রাখিলে কিছুক্ষণ পর দেখা যায় ইহারা মিশিয়া গিয়াছে। হাইড্রোজেন খুব লঘু গ্যাস হইলেও নীচের জারে আংশিক নামিয়া আসে এবং অক্সিজেন ভারী গ্যাস হইলেও অভিকর্ষের বিরুদ্ধে উপরের জারে আংশিক উঠিয়া পড়ে। ব্যাপন অভিকর্ষ বল ও ঘনাঙ্ক নিরপেক্ষ।

আবার অনেক সময় দেখা যায় যে, কোন পাত্রে কোন গ্যাসকে বন্ধ করিয়া রাখিলে গ্যাসের অণুগুলি পাত্রের প্রাচীরের ছিদ্রের মধ্য দিয়া ধীরে ধীরে বাহির হইয়া আসে। সকল কঠিন পদার্থের সচ্ছিদ্রতা এক রকম নহে। রবারের বেলুনে হাইড্রোজেন গ্যাস রাখিলে ইহা শীঘ্রই বাহির হইয়া আসে কিন্তু লোহার পাত্রে রাখিলে ইহা মোটেই বাহির হয় না। গ্যাসের এই বহির্গমনকে Effusion বলে। অমসৃণ (unglazed) মৃৎপাত্র, পোর্সলেন, প্লাস্টার-অফ-প্যারিসের (Plaster of Paris) পাত প্রভৃতি সচ্ছিদ্র পদার্থ।

১২৫। গ্রাহামের সূত্র (Graham's Law): নির্দিষ্ট উষ্ণতায় ও চাপে গ্যাসের ব্যাপনের বেগ ও উহার আপেক্ষিক (relative) ঘনাঙ্কের বর্গমূল ব্যস্তানুপাতিক হয়। ভারী গ্যাস যথা কারবন ডাই-অক্সাইড ধীরে ধীরে ব্যাপিত হয়। লঘু গ্যাস যথা হাইড্রোজেন দ্রুত ব্যাপিত হয়। ব্যাপনের বেগ v = এক একক সময় (এক সেকেণ্ডে) বহির্গত গ্যাসের আয়তন।

মনে কর, V_1 ঘন সেঃ মিঃ গ্যাস t সেকেণ্ডে বহির্গত হয়।

ব্যাপনের বেগ $v = \frac{V_1}{t}$ ঘঃ সেঃ মিঃ।

মনে কর, দুইটি গ্যাসের ঘনাঙ্ক $= D_1$ ও D_2 এবং ব্যাপনের বেগ $= v_1$ ও v_2 এবং ব্যাপনের সময় $= t_1$ ও t_2

$$\therefore \quad v_1 \propto \frac{1}{\sqrt{D_1}} \text{ ও } v_2 \propto \frac{1}{\sqrt{D_2}}\,;\ v_1 = k\frac{1}{\sqrt{D_1}},\ v_2 = k.\frac{1}{\sqrt{D_2}}$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\sqrt{D_2}}{\sqrt{D_1}} = \frac{V_1}{t_1} \div \frac{V_2}{t_2}$$

এখানে বেগ, আয়তন ও ঘনাঙ্কের মধ্যে দুইটি জানা থাকিলে অপরটি বাহির করা যায়।

অঙ্ক: 1. 40 c.c. of oxygen measured at N. T. P. were confined in a tube of cross-section 1·2 sq. cm. sealed at upper end, and standing in a trough of mercury, the column of which stood at a height of 15·6 cm. The pressure of the atmosphere was found to be 756 mm. and the temperature of the laboratory was 31°C. Calculate the length of the tube containing the gas. (Cal ' 41).

মনে কর গ্যাসের আয়তন $= v$ ঘঃ সেঃ মিঃ, নলের দৈর্ঘ্য $= l$ সেঃ মিঃ। গ্যাসের চাপ = বায়ুমণ্ডলের চাপ—পারদ স্তম্ভের দৈর্ঘ্য

$$= 756 - 156 = 600 \text{ মিঃ মিঃ}$$

$$\frac{v \times 600}{(273+31)} = \frac{40 \times 760}{273} \quad \therefore \quad v = 56{\cdot}4 \text{ ঘঃ সিঃ মিঃ}$$

দৈর্ঘ × প্রস্থচ্ছেদ = আয়তন $\therefore$ $l \times 1{\cdot}2 = 56{\cdot}4$ $\therefore$ $l = 47$ সেঃ মিঃ

2. 60 cubic inches of hydrogen originally measured at 10°C are cooled to – 10°C. What is the new volume ?

মনে কর, নূতন আয়তন $= V_1$ ঘ: ই: $\therefore \dfrac{60}{V_1} = \dfrac{273+10}{273-10}$

$$\therefore V_1 = \frac{263 \times 60}{283} = 55{\cdot}8 \text{ ঘ: ই: ।}$$

3. 110 c. c. of hydrogen were collected over water at 18°C and 740 m. m. pressure. Calculate the volume of the gas at N. T. P. taking account of pressure of water vapour (15·4 m. m. at 18°C) (Camb-School Test)

মনে কর, নির্ণেয় আয়তন $= V'$

$$\frac{V' \times 760}{273} = \frac{v(P-f)}{273+t}$$

$$V' = \frac{v(P-f)\ 273}{(273+t)\ 760} = \frac{110(740-15{\cdot}4)273}{(273+18)760} = 98{\cdot}4 \text{ ঘ: সে: মি: ।}$$

4. A volume of hydrogen measures 1 cubic decimetre at 20°C under a pressure of half an atmosphere. How many c. c. will it occupy at 10°C and 700 m. m. pressure ?

মনে কর, আয়তন $= V_1$ ঘ: সে: মি:

$\therefore$ বয়েল ও চার্লস সূত্রানুসারে $\dfrac{PV}{T} = \dfrac{P_1V_1}{T_1}$

$V = 1$ ঘন ডে: সি: মি: $= 1000$ ঘ: সে: মি: । $P = 760 \div 2 = 380$ মি: মি:

$T = (273+20)^\circ$, $P_1 = 700$ মি: মি: ; $T_1 = (273+10)^\circ$

$V_1 =$ কত ?

$$\therefore \frac{1000 \times 380}{293} = \frac{V_1 \times 700}{283}$$

$$V_1 = \frac{1000 \times 380 \times 283}{293 \times 700} = 524{\cdot}3 \text{ ঘ: সে: মি: ।}$$

5. The speed of diffusion of carbon dioxide and ozone were found by Soret to be 0·29 and 0·271. The relative density of carbon dioxide is 22 (when H = 1). What is the relative density of ozone ? (C. U. 1934)

মনে কর D_o = ওজোনের আপেক্ষিক ঘনাঙ্ক, D_c = কারবন ডাইঅক্সাইডের আপেক্ষিক ঘনাঙ্ক 22।

V_c ও V_o কারবন ডাই-অক্সাইডের ও ওজোনের ব্যাপনের বেগ

∴ গ্রাহামের সূত্রানুসারে $\frac{V_c}{V_o} = \frac{\sqrt{D_o}}{\sqrt{D_c}}$

$$\therefore \quad \sqrt{D_o} = \frac{0{\cdot}29 \times \sqrt{22}}{0{\cdot}271} = 0{\cdot}29 \times 4{\cdot}69 \times 3{\cdot}69$$

$$= 5{\cdot}02$$

∴ $D_o = (5{\cdot}02)^2 = 25$ প্রায়।

6. A gas occupies 200 c. c. at N. T. P. Find its volume at 27°C and 380 m. m. pressure ?

মনে কর নির্ণেয় আয়তন = V_1 ঘঃ সেঃ মিঃ

∴ বয়েল ও চার্ল্স সূত্রানুসারে

$$\frac{PV}{T} = \frac{P_1V_1}{T_1}$$

এখানে $V = 200$ ঘঃ সেঃ মিঃ V_1 = বাহির করিতে হইবে।

$P = 760$ মিঃ মিঃ $P_1 = 380$ মিঃ মিঃ

$T = (273+0)°$ $T_1 = (273+27)°$

$$\therefore \frac{200 \times 760}{273} = \frac{V_1 \times 380}{300} \qquad \therefore V_1 = \frac{200 \times 760 \times 300}{380 \times 273}$$

$= 439{\cdot}56$ ঘঃ সেঃ মিঃ।

7. What volume of Oxygen at 33°C and 735 m. m. pressure will measure 1 litre at N. T. P. ?

মনে কর, আয়তন = V_1 ঘঃ সেঃ মিঃ।

বয়েল ও চার্লস সূত্রনুসারে

$$\frac{PV}{T} = \frac{P_1V_1}{T_1}$$

$V = 1$ লিটার $= 1000$ ঘঃ সেঃ মিঃ V_1 = বাহির করিতে হইবে।

$P = 760$ মিঃ মিঃ $P_1 = 735$ মিঃ মিঃ

$T = 273°$ $T_1 = (33+273)°$

$$\therefore \frac{1000 \times 760}{273} = \frac{V_1 \times 735}{33+273}$$

$V_1 = \frac{760 \times 1000 \times 306}{273 \times 735} = 1159{\cdot}004$ ঘঃ সেঃ মিঃ।

প্রশ্নাবলী

1. Establish the relation between the temp, pressure and volume of a gas. How would you proceed practically to show the effect of a change of temperature on the volume of a gas ? গ্যাসের উষ্ণতা, চাপ ও আয়তনের মধ্যে সম্পর্ক নির্ণয় কর। কোন গ্যাসের আয়তনের উপর উষ্ণতা পরিবর্তনের ফল পরীক্ষা দ্বারা কি প্রকারে দেখাইবে ? (Punj. 1912; C. U. 1931, '34)

2. State and explain Boyle's law and its equation. বয়েলের সূত্র ও সমীকরণ বিবৃত ও ব্যাখ্যা কর।

3. Find the relation between pressure and density at constant temperature. নির্দিষ্ট উষ্ণতায় চাপ ও ঘনাঙ্কের সম্পর্ক বাহির কর।

4. State and explain Charles's law. চার্লস সূত্র বিবৃত ও ব্যাখ্যা কর।

5. What is the law of pressure ? চাপ সূত্র কি ?

6. Explain what do you mean by absolute scale of temperature ? উষ্ণতার চরম স্কেল বলিলে কি বুঝ ?

7. Express Charles's law, pressure law and density law in terms of absolute scale. চরম স্কেল অনুসারে চার্লস সূত্র, চাপ সূত্র, ঘনাঙ্ক সূত্র প্রকাশ কর।

8. Deduce the gas equation $PV = RT$ from Boyle's law and Charles's law. বয়েল সূত্র ও চার্লস সূত্র হইতে গ্যাস সমীকরণ $PV = RT$ বাহির কর।

9. State and explain Graham's law of diffusion of gases. গ্রাহামের গ্যাসের ব্যাপন সূত্র বিবৃত ও ব্যাখ্যা কর।

10. The volume of H_2 at 90°C and 784 m. m. is 183 c. c. What is its volume at N. T. P ? (Ans. 174·36 c.c.)

11. 3 vols. of oxygen and 2 vols. of chlorine are mixed together. If the barometric pressure is 760 m. m. what are the partial pressure ?

(Ans. $O_2 = 456$ m. m.; $Cl_2 = 304$ m. m.)

12. The density of a gas at 27° C and 760 m. m. pressure is 14. What is its density at 7°C and 740 m. m. ? (Ans, 14·61)

13. The volume of a gas at 0°C and 760 m. m. pressure is 910 c. c. What would be the volume at 27°C and 728 m. m. ? (Ans. 1043·95 c. c.)

14. 400 c. c. of Oxygen is collected at 17°C and 750 m. m. pressure over water. What would be the volume of dry Oxygen at N. T. P. ? (Pressure of water vapour at 17°C = 14·4 m. m) (Ans, 364·46 c. c.)

15 At what temperature will the volume be double if the pressure be changed from 700 m. m. to 800 m. m. ? (Ans. 351°C)

16. A certain amount of a gas occupies 500 c. c. at 15°C and 750 m. m. pressure. If that amount of gas is to be placed in a vessel of 400 c. c. at 50°C, What pressure is to be applied on the gas ? (Ans. 1051 m. m.)

17. On dissolving a certain weight of Mg in dilute HCl, 218·2 c. c. of hydrogen were collected over water at 17°C and 754·5 m. m. pressure. Calculate the vol. of dry gas at N. T. P. (Aq. tension at 17°C is 15·4 m. m.) (Ans. 200 c. c.)

18. At constant pressure 250 c. c. of N_2 at 720 m. m. pressure and 380 c. c. of O_2 at 650 m. m. pressure were put in one litre flask. What will be the final pressure of the mixture ? (Ans. 427 m. m.)

2. 60 cubic inches of hydrogen originally measured at 10°C are cooled to -10°C. What is the new volume ?

মনে কর, নূতন আয়তন $= V_1$ ঘ: ইঃ $\therefore \dfrac{60}{V_1} = \dfrac{273+10}{273-10}$

$$\therefore V_1 = \frac{263 \times 60}{283} = 55{\cdot}8 \text{ ঘ: ইঃ।}$$

3. 110 c. c. of hydrogen were collected over water at 18°C and 740 m. m. pressure. Calculate the volume of the gas at N. T. P. taking account of pressure of water vapour (15·4 m. m. at 18°C) (Camb-School Test)

মনে কর, নির্ণেয় আয়তন $= V'$

$$\frac{V' \times 760}{273} = \frac{v(P-f)}{273+t}$$

$$V' = \frac{v(P-f)\,273}{(273+t)\,760} = \frac{110(740-15{\cdot}4)273}{(273+18)760} = 98{\cdot}4 \text{ ঘ: সেঃ মিঃ।}$$

4. A volume of hydrogen measures I cubic decimetre at 20°C under a pressure of half an atmosphere. How many c. c. will it occupy at 10°C and 700 m. m. pressure ?

মনে কর, আয়তন $= V_1$ ঘ: সেঃ মিঃ

$\therefore$ বয়েল ও চার্লস সূত্রানুসারে $\dfrac{PV}{T} = \dfrac{P_1V_1}{T_1}$

$V = 1$ ঘন ডেঃ সিঃ মিঃ $= 1000$ ঘ: সেঃ মিঃ। $P = 760 \div 2 = 380$ মিঃ মিঃ

$T = (273+20)^\circ$, $P_1 = 700$ মিঃ মিঃ ; $T_1 = (273+10)^\circ$

$V_1 =$ কত ?

$$\therefore \frac{1000 \times 380}{293} = \frac{V_1 \times 700}{283}$$

$$V_1 = \frac{1000 \times 380 \times 283}{293 \times 700} = 524{\cdot}3 \text{ ঘ: সেঃ মিঃ।}$$

5. The speed of diffusion of carbon dioxide and ozone were found by Soret to be 0·29 and 0·271. The relative density of carbon dioxide is 22 (when $H = 1$). What is the relative density of ozone ? (C. U. 1934)

মনে কর D_o = ওজোনের আপেক্ষিক ঘনাঙ্ক, D_c = কারবন ডাইঅক্সাইডের আপেক্ষিক ঘনাঙ্ক 22।

V_c ও V_o কারবন ডাই-অক্সাইডের ও ওজোনের ব্যাপনের বেগ

∴ গ্রাহামের সূত্রানুসারে $\frac{V_c}{V_o} = \frac{\sqrt{D_o}}{\sqrt{D_c}}$

$$\therefore \quad \sqrt{D_o} = \frac{0{\cdot}29 \times \sqrt{22}}{0{\cdot}271} = 0{\cdot}29 \times 4{\cdot}69 \times 3{\cdot}69$$

$$= 5{\cdot}02$$

$$\therefore \quad D_o = (5{\cdot}02)^2 = 25 \text{ প্রায়।}$$

6. A gas occupies 200 c. c. at N. T. P. Find its volume at 27°C and 380 m. m. pressure ?

মনে কর নির্ণেয় আয়তন = V_1 ঘঃ সেঃ মিঃ

∴ বয়েল ও চার্ল্‌স সূত্রানুসারে

$$\frac{PV}{T} = \frac{P_1V_1}{T_1}$$

এখানে $V = 200$ ঘঃ সেঃ মিঃ $\qquad V_1$ = বাহির করিতে হইবে।

$P = 760$ মিঃ মিঃ $\qquad P_1 = 380$ মিঃ মিঃ

$T = (273+0)°$ $\qquad T_1 = (273+27)°$

$$\therefore \quad \frac{200 \times 760}{273} = \frac{V_1 \times 380}{300} \qquad \therefore \quad V_1 = \frac{200 \times 760 \times 300}{380 \times 273}$$

$= 439{\cdot}56$ ঘঃ সেঃ মিঃ।

7. What volume of Oxygen at 33°C and 735 m. m. pressure will measure 1 litre at N. T. P. ?

মনে কর, আয়তন = V_1 ঘঃ সেঃ মিঃ।

বয়েল ও চার্ল্‌স সূত্রনুসারে

$$\frac{PV}{T} = \frac{P_1V_1}{T_1}$$

$V = 1$ লিটার $= 1000$ ঘঃ সেঃ মিঃ $\qquad V_1$ = বাহির করিতে হইবে।

$P = 760$ মিঃ মিঃ $\qquad P_1 = 735$ মিঃ মিঃ

$T = 273°$ $\qquad T_1 = (33+273)°$

$$\therefore \quad \frac{1000 \times 760}{273} = \frac{V_1 \times 735}{33+273}$$

$$V_1 = \frac{760 \times 1000 \times 306}{273 \times 735} = 1159{\cdot}004 \text{ ঘঃ সেঃ মিঃ।}$$

প্রশ্নাবলী

1. Establish the relation between the temp, pressure and volume of a gas. How would you proceed practically to show the effect of a change of temperature on the volume of a gas? গ্যাসের উষ্ণতা, চাপ ও আয়তনের মধ্যে সম্পর্ক নির্ণয় কর। কোন গ্যাসের আয়তনের উপর উষ্ণতা পরিবর্তনের ফল পরীক্ষা দ্বারা কি প্রকারে দেখাইবে? (Punj. 1912; C. U. 1931, '34)

2. State and explain Boyle's law and its equation. বয়েলের সূত্র ও সমীকরণ বিবৃত ও ব্যাখ্যা কর।

3. Find the relation between pressure and density at constant temperature. নির্দিষ্ট উষ্ণতায় চাপ ও ঘনাঙ্কের সম্পর্ক বাহির কর।

4. State and explain Charles's law. চার্লস সূত্র বিবৃত ও ব্যাখ্যা কর।

5. What is the law of pressure? চাপ সূত্র কি?

6. Explain what do you mean by absolute scale of temperature? উষ্ণতার চরম স্কেল বলিলে কি বুঝ?

7. Express Charles's law, pressure law and density law in terms of absolute scale. চরম স্কেল অনুসারে চার্লস সূত্র, চাপ সূত্র, ঘনাঙ্ক সূত্র প্রকাশ কর।

8. Deduce the gas equation $PV = RT$ from Boyle's law and Charles's law. বয়েল সূত্র ও চার্লস সূত্র হইতে গ্যাস সমীকরণ $PV = RT$ বাহির কর।

9. State and explain Graham's law of diffusion of gases. গ্রাহামের গ্যাসের ব্যাপন সূত্র বিবৃত ও ব্যাখ্যা কর।

10. The volume of H_2 at 90°C and 784 m. m. is 183 c. c. What is its volume at N. T. P? (Ans. 174·36 c.c.)

11. 3 vols. of oxygen and 2 vols. of chlorine are mixed together. If the barometric pressure is 760 m. m. what are the partial pressure?
(Ans. $O_2 = 456$ m. m.; $Cl_2 = 304$ m. m.)

12. The density of a gas at 27° C and 760 m. m. pressure is 14. What is its density at 7°C and 740 m. m.? (Ans. 14·61)

13. The volume of a gas at 0°C and 760 m. m. pressure is 910 c. c. What would be the volume at 27°C and 728 m. m.? (Ans. 1043·95 c. c.)

14. 400 c. c. of Oxygen is collected at 17°C and 750 m. m. pressure over water. What would be the volume of dry Oxygen at N. T. P.? (Pressure of water vapour at 17°C = 14 4 m. m) (Ans. 364·46 c. c.)

15. At what temperature will the volume be double if the pressure be changed from 700 m. m. to 800 m. m.? (Ans. 351°C)

16. A certain amount of a gas occupies 500 c. c. at 15°C and 750 m. m. pressure. If that amount of gas is to be placed in a vessel of 400 c. c. at 50°C, What pressure is to be applied on the gas ? (Ans. 1051 m. m.)

17. On dissolving a certain weight of Mg in dilute HCl, 218·2 c. c. of hydrogen were collected over water at 17°C and 754·5 m. m. pressure. Calculate the vol, of dry gas at N. T. P. (Aq. tension at 17°C is 15·4 m. m.) (Ans. 200 c. c.)

18. At constant pressure 250 c. c. of N_2 at 720 m. m. pressure and 380 c. c. of O_2 at 650 m. m. pressure were put in one litre flask. What will be the final pressure of the mixture ? (Ans. 427 m. m.)

একাদশ অধ্যায়

[**Course Content :** Gay Lussac's Law of Gaseous volumes. Avogadro's Law and its applications. Relation between molecular weight and vapour density. Establishment of formula of gases from their volumetric composition.]

অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প*

(Avogadro's Hypothesis)

১৩০। অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের উৎপত্তির কারণ (Causes that led to the development of Avogadro's Hypothesis) : তিনটি ঘটনা এই প্রকল্পের উৎপত্তির কারণ :—

(১) গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্র, (২) ডাল্‌টনের পরমাণুবাদ (৩) বার্জেলিয়াসের (Berzelius) সিদ্ধান্ত :

(১) গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্র :—অষ্টাদশ শতাব্দীর শেষভাগে ক্যাভেণ্ডিস নানা পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণ করেন যে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন দুইটি গ্যাস যে আয়তনে মিলিত হইয়া স্টিম সৃষ্টি করে তাহা একটি সরল অনুপাত 2 : 1. ইহার পর গে-লুসাক ও হামবোল্ট (Hambolt) অন্যান্য গ্যাসের রাসায়নিক ক্রিয়া (যথা নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের সংযোগে নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস, হাইড্রোজেনের ও ক্লোরিনের সংযোগে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস, হাইড্রোজেন ও নাইট্রোজেনের সংযোগে অ্যামোনিয়া গ্যাসের উৎপাদন) পরীক্ষা করিয়া প্রমাণ করেন যে ক্রিয়ার সময় ক্রিয়াশীল গ্যাস-সমূহের আয়তনগুলি সরল অনুপাতে থাকে। এই সকল পরীক্ষা হইতে গে-লুসাক 1838 খ্রীষ্টাব্দে নিম্নলিখিত বিখ্যাত সূত্র আবিষ্কার করেন :—

"যখন বিভিন্ন গ্যাস যুক্ত হয় তখন ইহাদের আয়তন এবং উৎপন্ন যৌগের (যদি ইহা গ্যাস হয় আয়তনের অনুপাত সরল পূর্ণ সংখ্যা

---

* বিজ্ঞানে **সত্য** বা **ঘটনা** (fact or phenomenon) **নিয়ম** বা **সূত্র** (law) **বাদ** (theory) ও **প্রকল্প** (hypothesis)—এই সংজ্ঞাগুলি বিভিন্ন অর্থে ব্যবহৃত হয়। ইহাদিগের পার্থক্য নবম শ্রেণীর পুস্তকে ২নং অনুচ্ছেদে বলা হইয়াছে।

1 : 1, 1 : 2, 2 : 3 ইত্যাদি হয়, যদি সমস্ত আয়তন একই উষ্ণতায় ও চাপে মাপ হয়।” STUDY.

দৃষ্টান্ত : (i) এক আয়তন হাইড্রোজেন ও এক আয়তন ক্লোরিন যুক্ত হইয়া দুই আয়তন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন হয়; $H_2+Cl_2=2HCl$. সুতরাং আয়তন হিসাবে হাইড্রোজেন : ক্লোরিন : হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস : : 1 : 1 : 2. ইহারা সরল অনুপাত।

(ii) এক আয়তন নাইট্রোজেন ও তিন আয়তন হাইড্রোজেন যুক্ত হইয়া দুই আয়তন অ্যামোনিয়া গ্যাস উৎপন্ন হয়; $N_2+3H_2=2NH_3$. সুতরাং আয়তন হিসাবে নাইট্রোজেন : হাইড্রোজেন : অ্যামোনিয়া : : 1 : 3 : 2. ইহারা সরল অনুপাত।

(iii) দুই আয়তন কারবন ডাই-অক্সাইড বিশ্লিষ্ট হইয়া এক আয়তন অক্সিজেন ও দুই আয়তন কারবন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয়। $2CO_2=O_2+2CO$. সুতরাং আয়তন হিসাবে কারবন ডাই-অক্সাইড : অক্সিজেন : কারবন মনোক্সাইড : : 2 : 1 : 2. ইহারা সরল অনুপাত।

এই সকল পরীক্ষা হইতে স্পষ্ট বোঝা যায় যে উৎপন্ন গ্যাসের আয়তন সকল সময়ে ক্রিয়াশীল গ্যাসসমূহের আয়তনের যোগফলের সমান নাও হইতে পারে। গে-লুসাক পূর্বে আবিষ্কার করেন যে তাপের ও চাপের সমপরিমাণ পরিবর্তনে সকল গ্যাসের আয়তন সমানভাবে পরিবর্তিত হয়।

(২) ডাল্‌টনের পরমাণুবাদ : পরমাণুবাদের মূল কথা এই যে, যৌগিক পদার্থ মৌলিক পদার্থের নির্দিষ্ট সংখ্যক অবিভক্ত **পরমাণুর** সমবায়ে গঠিত হয় এবং পরমাণুর সংখ্যাগুলি **সরল অনুপাতে** (1 : 1, 1 : 2, 2 : 3) যুক্ত হয়। ডাল্‌টন পদার্থের কোন অণুর (molecule) কল্পনা করেন নাই। তিনি মনে করিতেন যে, যেমন হাইড্রোজেন, কপার প্রভৃতি মৌলিক পদার্থ অবিভক্ত পরমাণুর সমষ্টি তেমন জল, অ্যামোনিয়া প্রভৃতি যৌগিক পদার্থও পরমাণুর সমষ্টি। তবে তিনি যৌগিক পদার্থের অবিভাজ্য কণাকে **যৌগিক পরমাণু** (Compound atom) নাম দেন।

৩। বার্জেলিয়াসের সিদ্ধান্ত : পরমাণুবাদ অনুসারে বিভিন্ন মৌলিক পদার্থ **পরমাণুর সরল অনুপাতে** সংযুক্ত হইয়া যৌগিক পদার্থ উৎপন্ন করে এবং গে-লুসাকের মত অনুসারে গ্যাসীয় অবস্থায় বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের সংযুক্তি কালে **আয়তনের অনুপাত সরল** হয়। অর্থাৎ দুইটি সূত্রের

মধ্যে সাদৃশ্য দেখা যায়। সুতরাং মনে হয় গ্যাসের ক্রিয়াশীল **আয়তন** ও **পরমাণুর সংখ্যার** মধ্যে একটা সম্পর্ক আছে। বার্জেলিয়াস এই ঘটনাগুলিকে সমন্বয় করিবার উদ্দেশ্যে সিদ্ধান্ত করেন যে **একই উষ্ণতায় ও চাপে সকল গ্যাসের কোন নির্দিষ্ট আয়তনে সমান সংখ্যক পরমাণু থাকে।**

তাঁহার যুক্তি এই :—এক আয়তন হাইড্রোজেন ও এক আয়তন ক্লোরিন যুক্ত হইয়া দুই আয়তন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস হয়। আবার একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত একটি ক্লোরিন পরমাণু যুক্ত হয়। সুতরাং একই উষ্ণতা ও চাপে এক আয়তন হাইড্রোজেনে যত পরমাণু আছে এক আয়তন ক্লোরিনে তত পরমাণু থাকিবে। X আয়তন যে কোন গ্যাসে পরমাণুর সংখ্যা সমান হইবে।

গে-লুসাক এই সিদ্ধান্তের ত্রুটি দেখাইয়া দেন। নিম্নলিখিত উদাহরণ হইতে দেখানো যায় যে বার্জেলিয়াসের সিদ্ধান্ত ডালটনের পরমাণুবাদের সঙ্গে সামঞ্জস্য না রাখিয়া ইহার বিরুদ্ধাচরণ করিতেছে। প্রত্যক্ষ পরীক্ষার দ্বারা দেখা যায় যে এক আয়তন হাইড্রোজেন ও এক আয়তন ক্লোরিন যুক্ত হইয়া দুই আয়তন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন করে।

মনে কর, এক আয়তন গ্যাসের পরমাণুর সংখ্যা $= n$

$\therefore$ বার্জেলিয়াসের সিদ্ধান্ত অনুসারে n পরমাণু হাইড্রোজেন $+ n$ পরমাণু ক্লোরিন $= 2n$ পরমাণু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস।

$\therefore$ n দিয়া ভাগ করিয়া আমরা পাই—

1 পরমাণু হাইড্রোজেন $+$ 1 পরমাণু ক্লোরিন $= 2$ পরমাণু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস।

$\therefore$ উভয় পক্ষকে 2 দিয়া ভাগ করিয়া

$\frac{1}{2}$ পরমাণু হাইড্রোজেন $+ \frac{1}{2}$ পরমাণু ক্লোরিন $= 1$ পরমাণু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস।

সুতরাং একটি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের পরমাণু $\frac{1}{2}$ হাইড্রোজেন পরমাণু ও $\frac{1}{2}$ ক্লোরিন পরমাণু দ্বারা গঠিত।

কিন্তু ডালটনের পরমাণুবাদ অণুসারে পরমাণু অবিভক্ত। সুতরাং যে পরমাণুবাদের উপর নির্ভর করিয়া বার্জেলিয়াস গে-লুসাক সূত্র ব্যাখ্যা করিলেন, সেই সিদ্ধান্তই পরমাণুবাদকে অস্বীকার করিল। ডাল্টনের

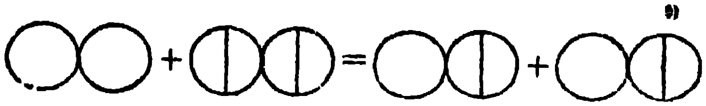
পরমাণুবাদ গে-লুসাক সূত্র ব্যাখ্যা করিতে পারিল না। কোনটি সত্য, পরমাণুবাদ, না গ্যাসায়তন সূত্র—ইহা লইয়া বিরোধের সৃষ্টি হইল।

সম-আয়তন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে গ্যাস-কণিকার সংখ্যা হাইড্রোজেন বা ক্লোরিনের অর্ধেক কিন্তু বার্জেলিয়াসের সিদ্ধান্ত অনুসারে সম-আয়তন গ্যাসে পরমাণুর সংখ্যা সমান হইলে (মনে কর $n = 6$) 6টি হাইড্রোজেন পরমাণু ও 6টি ক্লোরিন পরমাণু যুক্ত হইয়া 12টি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের পরমাণুর উৎপত্তি হয় অর্থাৎ 1টি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে $\frac{1}{2}$ হাইড্রোজেন ও $\frac{1}{2}$ ক্লোরিন পরমাণু থাকে।

১৩১। **অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প :** সম-আয়তন গ্যাসের মধ্যে একই সংখ্যক পদার্থ-কণিকা থাকে—বার্জেলিসয়াসের এই সিদ্ধান্ত ঠিক, কিন্তু পদার্থ-কণিকার স্বরূপ সম্পর্কে তাঁহার ধারণা ছিল না। আমেদিও অ্যাভোগাড্রো (Amedeo Avogadro) 1811 খ্রীস্টাব্দে **অণুবাদ** (Molecular Theory) প্রবর্তন করিয়া পদার্থের চবম কণিকা সম্বন্ধে নানা বিরোধী জল্পনা-কল্পনার অবসান ঘটান। তিনি এই দুই রকম চরম কণিকার প্রবর্তন করেন : (ক) যে সমধর্মী চরম কণিকা স্বাধীনভাবে থাকিতে পারে তাহাকে তিনি **অণু** নাম দেন। অণু বিভাজ্য বা অবিভাজ্য হইতে পারে। প্রত্যেক পদার্থ, যৌগিক বা মৌলিক, অণুর সমষ্টি। (খ) যে চরম কণিকা রাসায়নিক ক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে কিংবা এক যৌগিক পদার্থ হইতে অপর যৌগিক পদার্থে স্থানান্তরিত হয় তাহাই **পরমাণু**। পরমাণু বিভাজ্য। মৌলিক পদার্থ পরমাণুর সমবায়ে গঠিত। ইহারা স্বাধীনভাবে নাও থাকিতে পারে। দুই বা ততোধিক পরমাণুর সমবায়ে অণু গঠিত হয়। গ্যাসের চরম কণিকা পরমাণু নহে, অণু। সুতরাং গ্যাসের আয়তনের সঙ্গে অণুর সম্পর্ক বর্তমান, পরমাণুর নহে। ডাল্টন প্রমুখ বৈজ্ঞানিক মনে করিতেন যে, হাইড্রোজেন বা ক্লোরিন গ্যাসের পরমাণুগুলি এককভাবে ইতস্ততঃ ঘুরিয়া বেড়ায়। দুইটি গ্যাসের মিলনের সময় একটি হাইড্রোজেন পরমাণু ও একটি ক্লোরিন পরমাণু একত্র হইয়া একটি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের পরমাণু সৃষ্টি করে। অ্যাভোগাড্রো যৌগিক পদার্থের গঠন সম্পর্কে এই ধারণা ভুল বলেন। তিনি সিদ্ধান্ত করেন যে, হাইড্রোজেন বা ক্লোরিন গ্যাসে পরমাণুগুলি একক না থাকিয়া পরস্পর যুক্ত থাকে। **এই পরমাণুর সমবায়কে তিনি অণু বলেন।** যখন হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের মধ্যে রাসায়নিক ক্রিয়া ঘটে তখন হাইড্রোজেন

ও ক্লোরিণের অণু হইতে একটি করিয়া পরমাণু বাহির হইয়া যুক্ত হয় এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের নূতন অণুর সৃষ্টি করে।

চিত্রের সাহায্যে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের গঠন।



সংকেত—$H_2 + Cl_2 = 2HCl$.

সুতরাং অ্যাভোগাড্রোর মতে মৌলিক পদার্থ পরমাণুর সমবায়ে গঠিত কিন্তু অধিকাংশ ক্ষেত্রে একাধিক পরমাণু একত্র হইয়া পরমাণুপুঞ্জ বা অণুর সৃষ্টি করে। অ্যাভোগাড্রো অণুর অস্তিত্ব কল্পনা করিয়া বার্জেলিয়াসের প্রকল্প সংশোধন করিয়া নিম্নলিখিত নূতন প্রকল্প প্রবর্তন করেন :

"একই উষ্ণতায় ও চাপে সকল গ্যাসের (মৌলিক বা যৌগিক) সমান আয়তনে একই সংখ্যক অণু বর্তমান থাকে।"

মনে কর, প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 100 ঘঃ সেঃ মিঃ হাইড্রোজেনে n অণু আছে। পৃথিবীতে যত গ্যাস আছে সব গ্যাসেই প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 100 ঘঃ সেঃ মিঃ আয়তনে n অণু থাকিবে।

এখানে একটি কথা বিশেষভাবে স্মরণ রাখা দরকার যে অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প একথা বলে না যে বিভিন্ন গ্যাসের অণুগুলির নিজেদের প্রকৃত আয়তন সমান। ইহা কেবল বলে যে যে আয়তনে একই সংখ্যক অণু থাকে সেই আয়তনগুলি সমান হয়। বিভিন্ন গ্যাসের অণুগুলির আয়তন বিভিন্ন হয়।

১৩২। অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের সত্যতা নির্ণয় : যদিও অ্যাভোগাড্রো 1811 খ্রীস্টাব্দে এই প্রকল্প প্রবর্তন করেন তৎসত্ত্বেও ইহা প্রায় চল্লিশ বৎসর পর্যন্ত অজ্ঞাত ছিল, তাঁহার মৃত্যুর পর তৎশিষ্য ক্যানিজোরো এই প্রকল্পের সাহায্যে নিম্নলিখিত বিষয় দেখান। (১) এই প্রকল্প বহু পরীক্ষালব্ধ ঘটনা (experimental facts) প্রমাণ করে। (২) এই প্রকল্প গে-লুসাক সূত্র ব্যাখ্যা করে। (৩) এই প্রকল্প ডাল্টনের পরমাণুবাদ সমর্থন করে অর্থাৎ প্রকল্প সূত্র ও বাদের মধ্যে সামঞ্জস্য বিধান করে। (৪) এই প্রকল্প পারমাণবিক ওজন-নির্ণয়ের পদ্ধতি আবিষ্কারে সহায়তা করে। সেইজন্য এই প্রকল্প

বৈজ্ঞানিকগণ কর্তৃক গৃহীত হয়। প্রত্যক্ষ পরীক্ষা দ্বারা এই প্রকল্প প্রমাণ করা যায় না বলিয়া ইহাকে সূত্র না বলিয়া প্রকল্প বলা হয়।

অনেকে ইহাকে অ্যাভোগাড্রো সূত্র (Law) বলেন কারণ ইহা বহু বৈজ্ঞানিক ঘটনা ব্যাখ্যা করে এবং এমন কোন বৈজ্ঞানিক ঘটনা উপস্থিত হয় নাই যাহা ইহা ব্যাখ্যা করে না।

উদাহরণঃ (১) পরীক্ষায় দেখা যায় যে একই উষ্ণতায় ও চাপে এক আয়তন হাইড্রোজেন ও এক আয়তন ক্লোরিনের রাসায়নিক সংযোগে দুই আয়তন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস পাওয়া যায়।

মনে কর, পরীক্ষার সময়ের উষ্ণতায় ও চাপে এক আয়তন হাইড্রোজেনে n সংখ্যক অণু আছে।

$\therefore$ n হাঃ অণু + n ক্লোঃ অণু = 2n হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের অণু।

$\therefore$ একটি হাইড্রোজেন অণু + একটি ক্লোরিন অণু = দুইটি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের অণু।

$\therefore$ একটি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের অণুতে হাইড্রোজেনের $\frac{1}{2}$ অণু ও ক্লোরিণের $\frac{1}{2}$ অণু থাকে। অর্থাৎ হাইড্রোজেনের 1 পরমাণু + ক্লোরিণের এক পরমাণু = হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের এক অণু। পরমাণুই অবিভাজ্য, অণু বিভাজ্য।

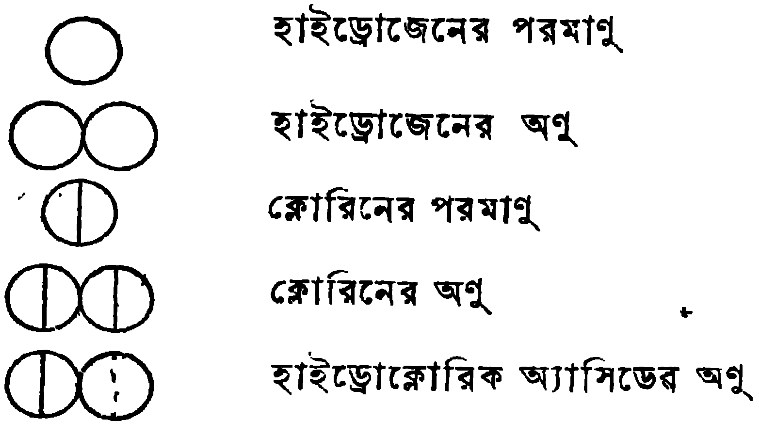
(২) **গে-লুসাক সূত্রের ব্যাখ্যাঃ** মনে কর, হাইড্রোজেনের x অণু ও ক্লোরিনের y অণু ক্রিয়া করে। এখানে x ও y সরল পূর্ণ সংখ্যা।

মনে কর, 1 ঘঃ সেঃ মিঃ আয়তনে n অণু আছে।

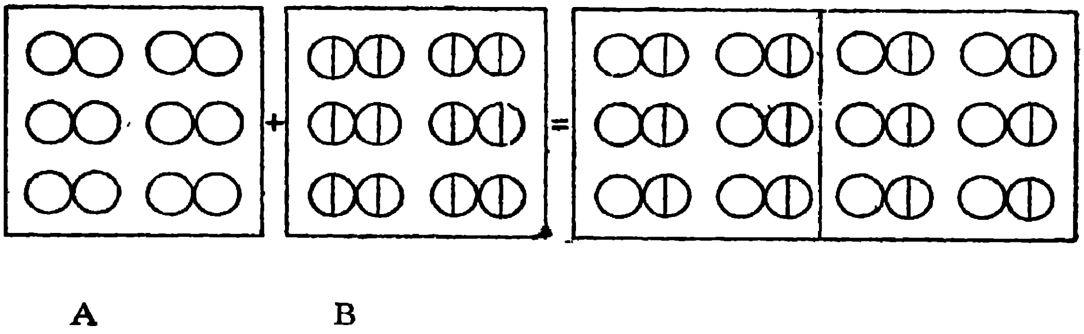
$\therefore$ x অণুর আয়তন $=\frac{x}{n}$ ঘঃ সেঃ মিঃ ; y অণুর আয়তন $=\frac{y}{n}$ ঘঃ সেঃ মিঃ

$\therefore$ দুই গ্যাসের আয়তনের অনুপাত $=\frac{x}{n}:\frac{y}{n}=x:y$. ইহারা সরল পূর্ণ সংখ্যা। অর্থাৎ গে-লুসাক সূত্র প্রমাণিত হয়।

চিত্রের সাহায্যে অ্যাভোগোড্রো প্রকল্পের ব্যাখ্যা :



মনে কর, নিম্নের A ও B ঘনকের (cube) আয়তন সমান এবং মনে কর, A ঘনকে হাইড্রোজেন ও B ঘনকে ক্লোরিন গ্যাস আছে। অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প অনুসারে প্রত্যেক ঘনকে সমান সংখ্যক অণু থাকিবে। মনে কর, অণুর সংখ্যা 6। এক আয়তন হাইড্রোজেন ও এক আয়তন ক্লোরিন যুক্ত হইয়া দুই আয়তন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হয়। সুতরাং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে 12টি অণু থাকিবে।



1 ঘন আ: হাইড্রোজেন + 1 ঘ: আ: ক্লোরিন = 2 ঘ: আ: হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড

সুতরাং

চিত্র হইতে বোঝা যায়: (১) ক্রিয়াশীল গ্যাস ও উৎপন্ন গ্যাসের আয়তনের অনুপাত সরল, (২) সমায়তন গ্যাসের অণুর সংখ্যা এক।

১৩২ (ক)। অণু দুই প্রকার যথা **মৌলিক** অণু (elementary molecule), **যৌগিক** অণু (compound molecule) : মৌলিক অণু বা মৌলিক পদার্থের মুক্ত অন্তিম কণা একটি বা একাধিক পরমাণু দ্বারা গঠিত হয়। ধাতুর অণু একটি পরমাণু দ্বারা গঠিত হয়। সুতরাং ধাতুর অণুর ফরমূলা—Na, K, Fe ; সেইরূপ কঠিন অধাতব পদার্থের অণু একটি পরমাণু দ্বারা গঠিত

যথা C, Si, S. অধাতব গ্যাসীয় পদার্থের অণু একাধিক পরমাণু দ্বারা গঠিত হয়। ইহাদের ফরমূলা H_2, O_2, N_2

যৌগিক পদার্থের অণু সর্বক্ষেত্রে একাধিক পরমাণু দ্বারা গঠিত হয় যথ H_2O, HNO_3.

১৩৩। অনুবাদের আলোকে পরমাণুবাদের সংশোধনঃ অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের পর যৌগিক পদার্থের অন্তিম কণাকে পরমাণু না বলিয়া **অণু** বলা হয়। সুতরাং ডালটনের পরমাণুবাদ এইরূপে সংশোধিত হয়। (ক) মৌলিক পদার্থ ও যৌগিক পদার্থ স্বাধীন সত্তাবিশিষ্ট অণু দ্বারা গঠিত হয়। অণু অবিভাজ্য পরমাণু দ্বারা গঠিত হয়। (খ) একই পদার্থের, কি মৌলিক কি যৌগিক, প্রত্যেক অণুর ভর ও ধর্ম এক হয়। বিভিন্ন পদার্থের অণুগুলি ভরে ও ধর্মে বিভিন্ন হয়। অণুর ও পদার্থের ধর্ম এক। হাইড্রোজেনের প্রতি অণু ভরে ও ধর্মে এক, জলের প্রতি অণু ভরে ও ধর্মে এক, কিন্তু হাইড্রোজেন ও জলের অণু ভরে ও ধর্মে সম্পূর্ণ পৃথক। (গ) মৌলিক পদার্থের অণুগুলি একই প্রকার এক বা একাধিক পরমাণু দ্বারা গঠিত। যৌগিক পদার্থের অণু বিভিন্ন প্রকারের পরমাণুর দ্বারা গঠিত হয়। (ঘ) রাসায়নিক সংযোগের সময় প্রত্যেক পদার্থের অণু ভাঙ্গিয়া পরমাণুতে বিশ্লিষ্ট হয়। এই মুক্ত পরমাণু নির্দিষ্ট অনুপাতে যুক্ত হইয়া আবার নূতন অণু গঠন করে।

$$HCl + NH_3 = H + Cl + N + 3H = NH_4Cl$$

$$H_2 + H_2 + O_2 = H + H + H + H + O + O = H_2O + H_2O.$$

১৩৪। অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের প্রাধান্য ও উপকারিতাঃ অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প রসায়নে একটি যুগান্তকারী পরিবর্তন আনয়ন করে। ইহা তত্ত্বীয় রসায়ন-চর্চার উন্নতিকল্পে বিশেষ সাহায্য করে। ইহা হইতে নিম্নলিখিত **সিদ্ধান্ত** (Deduction) পাওয়া যায় :

(ক) ইহা সর্বপ্রথম অণু ও পরমাণুর পার্থক্য নির্ণয় করে। (খ) ইহা গে-লুসাক সূত্র ব্যাখ্যা করে। (গ) মৌলিক গ্যাসের অণু দ্বি-পরমাণুক (di-atomic) যথা Cl_2, H_2, N_2, O_2। (ঘ) আণবিক ওজন $= 2 \times$ ঘনত্ব ($M = 2D$)। (ঙ) একই প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে সকল গ্যাসের গ্রাম-আণবিক আয়তন (Gram-molecular Volume) $= 22 \cdot 4$ লিটার। (চ) ইহা পরীক্ষা দ্বারা নির্ণীত গ্যাসের আয়তনিক সংযুতি (Volumetric compostion) হইতে আণবিক সংকেত নির্ণয়ে সাহায্য করে। (ছ) ইহা পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ের পদ্ধতি স্থির করে।

১৩৫। মৌলিক গ্যাস দ্বি-পরমাণুক : (ক) হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের আণবিক সংকেত :

(i) পরীক্ষায় পাওয়া যায় যে 1 আয়তন হাইড্রোজেন 1 আয়তন ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হইয়া 2 আয়তন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপাদন করে। মনে কর, এক আয়তন গ্যাসে n অণু থাকে। ∴ এক আয়তন হাইড্রোজেনে, এক আয়তন ক্লোরিনে ও 2 আয়তন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসে যথাক্রমে n হাইড্রোজেন অণু, n ক্লোরিন অণু ও 2n হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের অণু আছে। সুতরাং অ্যাঃ প্রকল্প অনুসারে অণুর সংখ্যা হিসাবে সমীকরণ এইরূপ :—n হাইড্রোজেন অণু + n ক্লোরিন অণু = 2n হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের অণু।

∴ n দিয়া ভাগ করিয়া, 1 হাঃ অণু + 1 ক্লোঃ অণু = 2 হাঃ ক্লোঃ অ্যাসিড গ্যাসের অণু।

ডাল্টনের মতানুসারে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস শুধু হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের পরমাণুর সমবায়ে গঠিত হয়। সুতরাং একটি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের অণুতে অন্ততঃ একটি হাইড্রোজেনের ও একটি ক্লোরিনের পরমাণু থাকিবেই এবং দুইটি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের অণুতে অন্ততঃ দুইটি হাইড্রোজেনের পরমাণু এবং দুইটি ক্লোরিনের পরমাণু থাকিবেই এবং এই দুইটি হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের পরমাণু এক অণু হাইড্রোজেন ও এক অণু ক্লোরিন হইতে আসিবে।

∴ হাইড্রোজেন বা ক্লোরিনের অণু অন্ততঃ দ্বি-পরমাণুক।

(ii) প্রত্যেক অ্যাসিডের অণুতে হাইড্রোজেন আছে। এই হাইড্রোজেনের সংখ্যা এক বা একাধিক হইতে পারে। অ্যাসিডের অণুর হাইড্রোজেন পরমাণু ধাতুর পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপনীয় (replaceable)। আবার এই প্রতিস্থাপনের ফলে অ্যাসিডের অণুতে যতগুলি হাইড্রোজেন পরমাণু থাকে ততগুলি বিভিন্ন লবণ উৎপন্ন হয় ; যথা H_2SO_4 অ্যাসিডের অণুতে দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু আছে। সুতরাং সোডিয়াম দ্বারা পর পর দুইটি হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হইলে দুইটি বিভিন্ন লবণ—$NaHSO_4$, Na_2SO_4 পাওয়া যায়।

এইরূপ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সঙ্গে সোডিয়ামের ক্রিয়ার ফলে মাত্র একটি লবণ পাওয়া যায়। অর্থাৎ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের অণুর হাইড্রোজেন মাত্র এক দফায় সোডিয়াম দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়। সুতরাং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের অণুতে একটি মাত্র হাইড্রোজেন পরমাণু আছে। $\frac{1}{2}$ অণু হাইড্রোজেন হইতে একটি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অণু পাওয়া যায়। আবার এই হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের অণুতে একটি হাইড্রোজেন পরমাণু থাকে।

$\therefore$ $\frac{1}{2}$ হাইড্রোজেন অণু $=1$ হাইড্রোজেন পরমাণু; 1টি হাইড্রোজেনের অণু $=$ 2টি হাইড্রোজেনের পরমাণু। সুতরাং হাইড্রোজেন অণু দ্বি-পরমাণুক।

এইরূপে দেখানো যায় যে ক্লোরিনের অণুতে দুইটি পরমাণু আছে।

$\therefore$ ক্লোরিন বা হাইড্রোজেনের সংকেত Cl_2 বা H_2.

(ii) **অন্যান্য প্রমাণ :** (ক) এক আয়তন হাইড্রোজেন অন্য গ্যাসের সহিত যুক্ত হইলে সর্বদা দুই আয়তনের বেশী কোন গ্যাস উৎপন্ন হয় না। (খ) কোন কোন রাসায়নিক ক্রিয়ায় হাইড্রোজেন অণু দুই-এর চেয়ে বেশী অংশে বিভক্ত হয় না। (গ) অন্যান্য দ্বি-পরমাণুক গ্যাসের মত $C_p \div C_v = 1{\cdot}408$. নির্দিষ্ট চাপের হাইড্রোজেনের এক গ্রাম-অণুর আপেক্ষিক তাপ C_p : নির্দিষ্ট আয়তনের এক গ্রাম-অণুর আপেক্ষিক তাপ $C_v = 1{\cdot}408$.

(খ) অক্সিজেন অণু দ্বি-পরমাণুক :

পরীক্ষার দ্বারা দেখা যায় যে—

2 আয়তন হাইড্রোজেন $+$ 1 আয়তন অক্সিজেন $=$ 2 আয়তন স্টীম।

মনে কর, 1 আয়তন গ্যাসে n অণু আছে। অ্যাঃ প্রকল্প অনুসারে 2n হাইড্রোজেন অণু $+$ n অক্সিজেন অণু $=$ 2n স্টীম অণু।

$\therefore$ 2 হাইড্রোজেন অণু $+$ 1 অক্সিজেন অণু $=$ 2 স্টীম অণু

$\therefore$ স্টীমের 1 অণুতে অন্ততঃ অক্সিজেনের অণুর ভাগ $\frac{1}{2}$ থাকিবে।

এক্ষণে 1 অক্সিজেন অণুতে অন্ততঃ 2টি অক্সিজেন পরমাণু থাকিবেই।

আবার স্টীমের অক্সিজেন মাত্র এক দফায় ক্লোরিন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়। একবারের বেশী নয়। সুতরাং 1টি স্টীম অণুতে 1টি অক্সিজেন পরমাণু থাকে। সুতরাং অক্সিজেন অণুতে 2টি পরমাণু থাকে।

$\therefore$ অক্সিজেনের ফরমুলা O_2।

দ্রষ্টব্য : অণুতে পরমাণুর সংখ্যাকে Atomicity বলে।

১৩৫ (ক)। গ্যাসের ঘনত্ব : এক লিটার গ্যাসের ওজনকে **প্রমাণ ঘনত্ব** (Normal density) বলে। আবার একই উষ্ণতায় ও চাপে যে কোন গ্যাসের ওজন সমায়তন হাইড্রোজেনের ওজন অপেক্ষা যত গুণ ভারী সেই সংখ্যাকে বাষ্প-ঘনত্ব বা আপেক্ষিক ঘনত্ব (Vapour বা relative density) বলে।

ছিপি আঁটা ফ্লাস্ককে পাম্পের সাহায্যে বায়ুশূন্য করিয়া ওজন কর। মনে কর এই ওজন $= m_1$, ফ্লাস্ককে হাইড্রোজেন ভর্তি করিয়া ওজন কর। মনে কর এই ওজন $= m_2$, হাইড্রোজেন পাম্প করিয়া পরীক্ষাধীন গ্যাস ভর্তি করিয়া ওজন কর। মনে কর এই ওজন $= m_3$, মনে কর ফ্লাস্কের আয়তন x ঘঃ সেঃ মিঃ

$\therefore$ গ্যাসের আপেক্ষিক ওজন বা ঘনত্ব

$$= \frac{\text{x ঘঃ সেঃ মিঃ গ্যাসের ওজন}}{\text{x ঘঃ সেঃ মিঃ হাইড্রোজেনের ওজন}}$$

১৩৬। গ্যাসের আণবিক ওজন $= 2 \times$ গ্যাসের ঘনত্ব ($M = 2D$) :

সংজ্ঞা অনুসারে কোন গ্যাসের ঘনত্ব $= \frac{\text{x আয়তন গ্যাসের ওজন}}{\text{x আয়তন হাইড্রোজেনের ওজন}}$

(একই উষ্ণতায় ও চাপে)

মনে কর, x আয়তনে n সংখ্যক অণু আছে।

$\therefore$ গ্যাসের ঘনত্ব $= \frac{\text{গ্যাসের n অণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের n অণুর ওজন}}$ (অ্যাঃ প্রকল্প অনুসারে)

$$= \frac{n \times \text{গ্যাসের একটি অণুর ওজন}}{n \times \text{হাইড্রোজেনের একটি অণুর ওজন}}$$

$$= \frac{\text{গ্যাসের একটি অণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের একটি অণুর ওজন}}$$

$$= \frac{\text{গ্যাসের আণবিক ওজন}}{2}$$

($\because$ হাইড্রোজেন অণু দ্বি-পরমাণুক এবং হাইড্রোজেনের পরমাণুর ওজন $= 1$)

$$\therefore M = 2D.$$

যদি অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজনকে প্রমাণ ধরা হয় তবে হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ওজন $= 1{\cdot}008$

$$\therefore M = 2{\cdot}016 \times D$$

যদি আমরা পরীক্ষার দ্বারা কোন গ্যাসের ঘনত্ব D বাহির করিতে পারি তবে আমরা তাঁহার আণবিক ওজন M পাই।

১৩৭। আয়তনিক সংযুতি হইতে যৌগিক গ্যাসের আণবিক সংকেত নির্ণয় (Molecular Formula of a Compound gas from Volumetric Composition) :—

নাইট্রাস অক্সাইডের আণবিক ফরমূলা : পরীক্ষার দ্বারা জানা যায় যে নাইট্রাস অক্সাইডের আয়তন ও ইহার নাইট্রোজেনের আয়তন সমান হয়।

∴ 1 আয়তন নাইট্রাস অক্সাইডে 1 আয়তন নাইট্রোজেন থাকে।

∴ n সংখ্যক নাইট্রাস অক্সাইডের অণুতে n সংখ্যক নাইট্রোজেন অণু থাকে (অ্যাঃ প্রকল্প অনুসারে)।

∴ 1 অণু নাইট্রাস অক্সাইডে 1 অণু নাইট্রোজেন থাকে। কিন্তু নাইট্রোজেন অণু দ্বি-পরমাণুক (অ্যাঃ প্রকল্পের সিদ্ধান্ত)।

∴ 1 অণু নাইট্রাস অক্সাইডে 2 পরমাণু নাইট্রোজেন থাকে ; সুতরাং ইহার ফরমূলা $= N_2Ox$; এখানে $x =$ অক্সিজেনের পরমাণুর সংখ্যা সুতরাং x একটি পূর্ণসংখ্যা।

∴ আণবিক ওজন $= 2 \times 14 + 16 \times x$; $x =$ কত ?

নাইট্রাস অক্সাইডের ঘনত্ব $= 22$ (পরীক্ষা দ্বারা প্রাপ্ত)।

∴ ইহার আণবিক ওজন $= 2 \times 22 = 44$ (অ্যাঃ প্রকল্প অনুসারে)।

∴ $28 + 16x = 44$, ∴ $x = 1$.

∴ নাইট্রাস অক্সাইডের আণবিক ফরমূলা $= N_2O$.

জলের আণবিক ফরমূলা : পরীক্ষার দ্বারা জানা যায় যে—

2 আয়তন হাইড্রোজেন + 1 আয়তন অক্সিজেন = 2 আয়তন স্টীম।

মনে কর প্রত্যেক একক আয়তনে n সংখ্যক অণু আছে।

∴ অ্যাঃ প্রঃ অনুসারে

2n অণু হাইড্রোজেন + n অণু অক্সিজেন = $2n$ অণু স্টীম,
2 অণু হাইড্রোজেন + 1 অণু অক্সিজেন = 2 অণু স্টীম
1 অণু হাইড্রোজেন + $\frac{1}{2}$ অণু অক্সিজেন = 1 অণু স্টীম

হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন অণুতে দুইটি পরমাণু আছে, সুতরাং 1 অণু স্টীমে (জলে) দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু ও একটি অক্সিজেন পরমাণু থাকে।

∴ জলের আণবিক ফরমূলা $= H_2O$.

এখানে ঘনত্ব বাহির করা হয় নাই।

১৩৮। নির্দিষ্ট উষ্ণতায় ও চাপে এক গ্রাম-অণু পরিমাণ যে কোন গ্যাসের আয়তন সমান হয়।

যে কোন বস্তুর, মৌলিক বা যৌগিক, আণবিক গুরুত্বকে গ্রামে প্রকাশিত করিলে বস্তুর **গ্রাম-অণু** পাওয়া যায়। হাইড্রোজেন অণুর আণবিক ওজন 2 সুতরাং ইহার গ্রাম-অণু 2 গ্রাম। জলের গ্রাম-অণু 18 গ্রাম।

প্রমাণ ঃ (i) হাইড্রোজেনের পরমাণুর ওজন = 1

∴ হাইড্রোজেনের আণবিক গুরুত্ব = 2 কারণ হাইড্রোজেনের অণুতে দুইটি পরমাণু আছে।

মনে কর একটি হাইড্রোজেনের পরমাণুর প্রকৃত ওজন = x গ্রাম

∴ হাইড্রোজেনের একটি অণুর ওজন = 2x গ্রাম = গ্রাম-অণু।

∴ এক গ্রাম-অণু হাইড্রোজেনে অণুর সংখ্যা $= \frac{2}{2x} = \frac{1}{x}$

(ii) পরীক্ষায় দেখা যায়, স্টীমের ঘনত্ব = 9 ∴ স্টীমের আণবিক গুরুত্ব = 9 × 2 = 18

অর্থাৎ স্টীমের একটি অণু হাইড্রোজেনের পরমাণু অপেক্ষা 18 গুণ ভারী।

∴ স্টীমের একটি অণুর প্রকৃত ওজন = 18x

= এক গ্রাম অণু স্টীম

∴ এক গ্রাম-অণু স্টীমে অণুর প্রকৃত সংখ্যা $= \frac{18}{18x} = \frac{1}{x}$

(iii) পরীক্ষায় দেখা যায়, কারবন ডাই-অক্সাইডের ঘনত্ব = 22

∴ কারবন ডাই-অক্সাইডের আণবিক গুরুত্ব = 2 × 22 = 44.

∴ কারবন ডাই-অক্সাইডের একটি অণুর প্রকৃত ওজন = 44x গ্রাম = এক গ্রাম-অণু কারবন ডাই-অক্সাইড।

∴ এক গ্রাম-অণু কারবন ডাই অক্সাইডে অণুর প্রকৃত সংখ্যা

$$= \frac{44}{44x} = \frac{1}{x}.$$

(i), (ii) ও (iii) হইতে যে কোন গ্যাসের এক গ্রাম-অণুতে অণুর সংখ্যা এক হয় যদিও বিভিন্ন গ্রাম-অণুর ওজন বিভিন্ন হয়। এক গ্রাম-অণুতে অণুর সংখ্যাকে **অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা** (Avogadro's Number) বলে। নানা উপায়ে গণনা করিয়া দেখা গিয়াছে যে, এই সংখ্যার পরিমাণ $6{\cdot}03 \times 10^{23}$,

= 603,000,000,000,000,000,000,000 অর্থাৎ 18 গ্রাম জলে, 2 গ্রাম হাইড্রোজেনে এই বিপুল সংখ্যক অণু থাকে।

এই সিদ্ধান্ত অন্য উপায়ে করা যায় :—

অ্যাঃ প্রকল্প অনুসারে যে কোন গ্যাসের প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 22·4 লিটারে সমান সংখ্যক অণু থাকিবে। আবার এক গ্রাম-অণুর প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে গ্যাসীয় আয়তন = 22·4 লিটার সুতরাং যে কোন পদার্থের গ্রাম অণুতে একই সংখ্যক অণু থাকে।

আবার অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প অনুসারে এক গ্রাম-অণুর আয়তন একই হইবে কারণ ইহাতে অণুর সংখ্যা এক থাকে। সুতরাং নির্দিষ্ট উষ্ণতা ও চাপে এক গ্রাম-অণু যে কোন গ্যাসের আয়তন সমান।

১৩৯। প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে গ্যাসের যে কোন এক গ্রাম-অণুর আয়তন 22·4 লিটার। ইহাকে **গ্রাম আণবিক আয়তন** (Gram Molecular volume) বলে।

গাণিতিক সিদ্ধান্ত ঃ—

(1) হাইড্রোজেনের এক গ্রাম-অণু = 2 গ্রাম

প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে হাইড্রোজেনের ঘনত্ব

= 0·00009 গ্রাম প্রতি ঘঃ সেঃ মিঃ

∴ প্রমাণ অবস্থায় এক গ্রাম-অণু হাইড্রোজেনের আয়তন

$$= \frac{2}{0 \cdot 00009} \text{ ঘঃ সেঃ মিঃ}$$

= 22222 ঘঃ সেঃ মিঃ

= 22·2 লিটার।

[অন্য উপায়ে,

প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে এক লিটার হাইড্রোজেনের ওজন = 0·089 গ্রাম।

∴ এক গ্রাম-অণু বা 2 গ্রাম হাইড্রোজেনের আয়তন

$$= \frac{2}{0 \cdot 089} = 22 \cdot 2 \text{ লিটার।}$$]

(২) **স্টীমের ঘনত্ব = 9**

স্টীমের এক গ্রাম-অণু = 18 গ্রাম

প্রমাণ অবস্থায় স্টীমের ঘনত্ব = 9 × 0·00009 গ্রাম

∴ প্রমাণ অবস্থায় স্টীমের এক গ্রাম-অণুর আয়তন $\frac{18}{9\times 0\cdot00009}=$ 22·2 লিটার।

এইরূপে দেখানো যায় যে প্রমাণ অবস্থায় যে কোন গ্যাসের এক গ্রাম-অণুর আয়তন 22·4 লিটার। 22·4 লিটারকে গ্রাম আনবিক আয়তন বলে।

[অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজনকে প্রমাণ ধরিলে এক গ্রাম-অণুর আয়তন 22·2 লিটারের পরিবর্তে 22·4 হয়।]

পরমাণুর প্রকৃত ওজনঃ হাইড্রোজেনের গ্রাম-অণু $=2\cdot016$ গ্রাম: ইহার আয়তন প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে $=22\cdot4$ লিটার। ইহার ভিতর $6\cdot065\times10^{23}$ অণু আছে ∴ হাইড্রোজেনের একটি অণুর প্রকৃত ওজন $=\frac{2\cdot016}{6\cdot06\times10^{23}}$ গ্রাম $=0\cdot3320\times10^{-23}$ গ্রাম ∴ হাইড্রোজেনের একটি পরমাণুর ওজন $=0\cdot1663\times10^{-23}=0\cdot000,000,000,000,000,000,000,001,663$ গ্রাম। এই সংখ্যা এত নগণ্য যে ধারণায় আনা যায় না। সেইজন্য ইহার ওজন এক করিয়া অন্য পরমাণুর আপেক্ষিক ওজন নির্ণয় করা হয়।

অঙ্কঃ 1. What would be the volume of 4 gms of methane (CH_4) at temp. of 27°C and 750 mm. pressure ?

মিথেনের গ্রাম আণবিক ওজন $=16$। সুতরাং 16 গ্রাম মিথেনের প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে আয়তন $=22\cdot4$ লিটার।

∴ 4 গ্রাম মিথেনের আয়তন প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে—

$$=\frac{22400}{16}\times4=5600 \text{ ঘঃ সেঃ মিঃ}$$

মনে কর এই আয়তন 27°C উষ্ণতায় 750 সেঃ মিঃ চাপে V ঘঃ সে মিঃ

∴ বয়েল ও চার্লস সূত্রানুসারে

$$\frac{5600\times760}{273+0}=\frac{V\times750}{273+27}$$

$$\therefore\quad V=\frac{5600\times760\times300}{750\times273} \text{ ঘঃ সেঃ মিঃ}$$

$$=6235\cdot8 \text{ ঘঃ সেঃ মিঃ}$$

2. The vapour density of a gas is 40. What would be the volume of 20 gm. of the gas at 27°C temperature and 950 m.m. pressure ?

গ্যাসের আণবিক গুরুত্ব $= 40 \times 2 = 80$

$\therefore$ 80 গ্রাম গ্যাসের আয়তন $= 22{\cdot}4$ লিটার 0° উষ্ণতায় ও 760 মিঃ মিঃ চাপে। মনে কর গ্যাসের 27° সেঃ উষ্ণতা ও 950 মিঃ মিঃ চাপে আয়তন $=$ V লিটার

20 গ্রাম গ্যাসের আয়তন $= \dfrac{22{\cdot}4 \times 20}{80} = \dfrac{22{\cdot}4}{4}$ লিটার

$$\therefore \frac{V \times 950}{273+27} = \frac{\frac{22{\cdot}4}{4} \times 760}{273+0} \qquad \therefore V = \frac{22{\cdot}4}{4} \times \frac{760 \times 300}{950 \times 273} \text{ লিটার}$$

$$V = 4{\cdot}9 \text{ লিটার}$$

প্রশ্নাবলী

1. Enunciate Avogadro's law and explain it. অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প বিবৃত কর ও ব্যাখ্যা কর।

(Pat. 1928, '29 ; Mad. 1931, '37 ; C. U. 1915, '19, '32, '43, '49)

2. Define the law of gaseous volumes and illustrate it by example. What hypothesis was propounded to account for the facts underlying the law. গ্যাসায়তন সূত্র বিবৃত কর। উদাহরণ দ্বারা ইহা ব্যাখ্যা কর। সূত্রের মূল ঘটনাগুলি ব্যাখ্যা করিবার জন্য কি প্রকল্প অবলম্বিত হয় ?

(All. 1937 ; Mad. 1931 ; Punj. 1918, '35 ; C. U. 1915, '33, '44, '47, '49.)

3. What is Avogadro's Hypothesis ? Discuss the reasons on which it is based. What are the important deductions that can be made from it ? অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প কি ? যে সব যুক্তির উপর এই প্রকল্প প্রতিষ্ঠিত তাহা আলোচনা কর। এই সূত্র হইতে কি কি প্রয়োজনীয় সিদ্ধান্ত পাওয়া যায় ?

(Bom. 1926 ; All. 1927 ; Pat. 1924 ; Punj. 1938 ; Nag, 1922 ; C. U. 1930)

4. How Avogadro's hypothesis gave a correct interpretation of Gay Lussac's Law in the light of Dalton's atomic theory ? State and explain the hypothesis. অ্যাভোগাড্রো ডাল্টনের পরমাণুবাদ অনুসারে গে-লুসাকের সূত্র কিরূপে ব্যাখ্যা করেন ? অ্যাভোগাড্রো সূত্র বিবৃত ও ব্যাখ্যা কর।

5. Show how Avogadro's hypothesis explains Gay Lussac's Law. অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প কিরূপে গে-লুসাক সূত্র ব্যাখ্যা করে ?

6. How Avogadro's hypothesis has modified Dalton's atomic theory ? অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প কি প্রকারে ডাল্টনের পরমাণুবাদকে পরিবর্তিত করিয়াছে ?

7. A molecule of hydrogen or oxygen is said to consist of two atoms. Give reasons of the statement. হাইড্রোজেন বা অক্সিজেন অণুতে দুইটি পরমাণু আছে। এই উক্তির স্বপক্ষে যুক্তি দাও। (C. U. 1943, '47 ; Pat 1907 ; All. 1902)

8. Establish the relationship between molecular weight and the relative density of the gas. গ্যাসের আণবিক ওজন ও ঘনত্বের সম্পর্ক বাহির কর।

9. Why is the formula for chlorine written as Cl_2 ? ক্লোরিনের সংকেত Cl_2 লেখা হয় কেন ? (Punj. 1934 ; Pat. 1937 ; C. U. 1921.)

10. What are the facts and theories which make us to believe that Nitrogen or Oxygen molecule contains two atoms ? অক্সিজেন বা নাইট্রোজেন অণুতে দুইটি পরমাণু থাকে—আমাদের এই বিশ্বাসের স্বপক্ষে কি ঘটনা ও মত আছে ?

(R. C. S. 1937)

11. Show how Avogadro's hypothesis helps to find out the molecular formula of a gas from volumetric composition. অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প দ্বারা গ্যাসের আয়তনিক সংযুতি হইতে সংকেত কি প্রকারে নির্ণীত হয় দেখাও ?

12. Show the inadequacy of Berzelius hypothesis in explaining the volumetric composition of hydrogen chloride. হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আয়তনিক গঠনের ব্যাখ্যা করিতে বার্জেলিয়াস সিদ্ধান্তের ব্যার্থতা দেখাও।

13. What is the difference between an atom and a molecule ? পরমাণু ও অণুর মধ্যে পার্থক্য কি ?

14. One litre of a gas at 20°C and 780 m. m. pressure weighs 1·215 gms. Calculate the mol. wt of the gas. (Ans 29·3)

দ্বাদশ অধ্যায়

[**Course.Content** : Determination of atomic weights of elements. Numerical problems.]

মৌলের পরমাণবিক ওজন নির্ণয়
(Determination of Atomic weights of Elements)

১৪০। নিম্নলিখিত উপায়ে পারমাণবিক ওজন নির্ণীত হয় :—

(ক) তুল্যাঙ্ক-পদ্ধতি (Equivalent Weight Method) নীতি :

তুল্যাঙ্ক-ওজন বা যোজন-ওজন (Equivalent weight or Combining weight) : কোন মৌলের যে ওজন এক **তৌলিক ভাগ** (one part by weight) নির্ভুলভাবে 1·008 তৌলিক ভাগ হাইড্রোজেনের কিংবা 8 তৌলিক ভাগ অক্সিজেনের কিংবা 35·5 তৌলিক ভাগ ক্লোরিনেব সহিত যুক্ত হয় বা ইহাদিগকে স্থানচ্যুত বা প্রতিস্থাপিত করে সেই ওজনকে **তুল্যাঙ্ক-ওজন** বা **যোজন-ওজন** বলে। সুতরাং

$$\text{মৌলের তুল্যাঙ্ক-ওজন} \cdots \frac{\text{মৌলের ওজন}}{\text{প্রতিস্থাপিত বা সংযুক্ত হাইড্রোজেনের ওজন}}.$$

সোডিয়ামের, সালফারের, অক্সিজেনের ও ক্লোরিনের তুল্যাঙ্কভাব যথাক্রমে 23, 16, 8, 35·5.

যোজ্যতা (Valency) : কোন মৌলের একটি পরমাণু যতগুলি হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত হয় সেই সংখ্যাকে মৌলেব যোজ্যতা বলে (নবম শ্রেণীর ৫৮ অনুচ্ছেদ)।

পারমাণবিক ওজন, তুল্যাঙ্ক-ওজন ও যোজ্যতার সম্পর্ক :

মনে কর a, v, e, কোন মৌলের যথাক্রমে পারমাণবিক ওজন, যোজ্যতা ও তুল্যাঙ্ক-ওজন।

সংজ্ঞা অনুসারে মৌলের এক পরমাণু হাইড্রোজেনের v পরমাণুর সহিত যুক্ত হয়।

∴ " a গ্রাম " v তৌলিক ভাগের " "

" $\frac{a}{v}$ " 1 গ্রামের " " "

সুতরাং সংজ্ঞানুসারে $e=\frac{a}{v}$ বা $a=e\times v$. ... (ক)

মৌলের পারমাণবিক ওজন = তুল্যাঙ্ক-ওজন × যোজ্যতা :

দৃষ্টান্ত : HCl হইতে 23 ভাগ Na 1·008 ভাগ হাইড্রোজেনকে প্রতিস্থাপিত করে।

∴ Na-এর তুল্যাঙ্ক ওজন = 23 (সংজ্ঞানুসারে)

কিন্তু Na-এর পারমাণবিক ওজন = 23। হাইড্রোজেনের পাঃ ওঃ = 1.Na-এর এক পরমাণু HCl অ্যাসিড হইতে এক পরমাণু হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করে।

∴ Na-এর যোজ্যতা = 1

সুতরাং মৌলের পারমাণবিক ওজন হয় তুল্যাঙ্কের সমান (যখন যোজ্যতা = 1 হয়), না হয় ইহার তুল্যাঙ্কের গুণিতক হয় কারণ যোজ্যতা সব সময়েই পূর্ণসংখ্যা। সুতরাং (ক) নং সমীকরণ দ্বারা মৌলের পাঃ ওঃ **নির্ভুলভাবে** নির্ণয় করা যায়।

পদ্ধতি : (ক) প্রথমে মৌলের তুল্যাঙ্ক নির্ভুলভাবে নির্ণয় কর। **(খ)** অন্য উপায়ে [(খ), (গ), (ঘ) অনুচ্ছেদে বর্ণিত] মোটামুটি পাঃ ওজন নির্ণয় কর। এই ওজনকে তুল্যাঙ্ক দিয়া ভাগ করিয়া মৌলের যোজ্যতা মোটামুটি গণনা কর। ইহার কাছাকাছি পূর্ণ সংখ্যাকে যোজ্যতা ধর। কারণ যোজ্যতা সব সময়েই পূর্ণ সংখ্যা হয়। **(গ)** এখন (ক) নং সমীকরণ হইতে নির্ভুল পাঃ ওজন বাহির কর।

দৃষ্টান্ত : পরীক্ষার দ্বারা Mg-এর তুল্যাঙ্ক 12·16 পাওয়া গেল। অন্য উপায়ে প্রাপ্ত মোটামুটি পাঃ ওঃ = 23 ; ∴ Mg-এর যোজ্যতা = 23 ÷ 12·16 = 1·89 কিন্তু যোজ্যতা পূর্ণসংখ্যা হইবে। 1·89-এর নিকটতম পূর্ণসংখ্যা হইল 2, সুতরাং Mg-এর নির্ভুল পাঃ ওঃ = 22 16 × 2 = 24·32।

(খ) ক্যানিজারো (Cannizzaro) পদ্ধতি :

ইটালিয়ান রসায়নবিদ্ অ্যাভোগাড্রো-ছাত্র ক্যানিজারো অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের সাহায্যে মৌলের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করেন।

নীতি : মৌল একই রকম পরমাণু সমবায়ে গঠিত এবং পরমাণুগুলি অবিভাজ্য। বিভিন্ন মৌলের সমবায়ে যখন যৌগিক পদার্থ গঠিত হয় তখন কোন যৌগে কোন মৌলের এক পরমাণুর ভগ্নাংশ থাকে না। সুতরাং কোন মৌলের বিভিন্ন যৌগে **মৌলের সর্বনিম্ন ওজনকে পাঃ ওজন বলে।**

(ii) **পদ্ধতি :** (ক) মৌল হইতে উৎপন্ন কতকগুলি সুবিধাজনক বিভিন্ন গ্যাস বা উদ্বায়ী যৌগ লইতে হয়। এই সকল যৌগের বাষ্পের ঘনত্ব বাহির

কর (নিম্নে পদ্ধতি বর্ণিত হইয়াছে)। (খ) $M=2D$—এই সমীকরণ হইতে ইহাদের আণবিক ওজন বাহির কর। (গ) প্রত্যেক যৌগকে বিশ্লিষ্ট করিয়া রাসায়নিক উপায়ে যৌগের এক আণবিক ওজনে বা গ্রাম-অণু পরিমাণে মৌলের প্রকৃত ওজন বাহির কর। (ঘ) এই যৌগিক পদার্থগুলির মধ্যে অন্ততঃ একটি পদার্থ পাওয়া যাইবে যাহার অণুতে মৌলের একটি পরমাণু বর্তমান। সুতরাং মৌলের ওজনগুলির মধ্যে নিম্নতম ওজন =পাঃ ওজন।

(iii) **দৃষ্টান্ত ঃ কারবন ঃ**

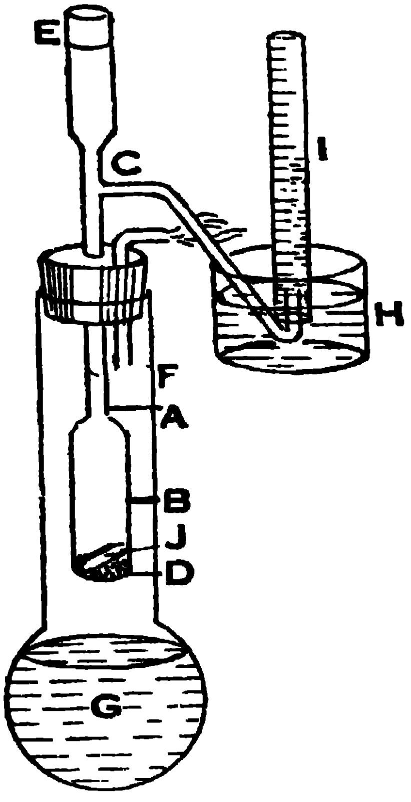
যৌগ	ঘনত্ব	আণবিক ওজন	কারবনের ওজন
কারবন ডাই-অক্সাইড	22	44	12
,, মনোক্সাইড	14	28	12
অ্যাসিটিলিন	13	26	$24=12\times2$
ইথিলিন	14	28	$24=12\times2$
প্রোপেন	22	44	$36=12\times3$
বেন্‌জিন	39	78	$72=12\times6$

(iv) **ব্যাখ্যা ঃ** উপরোক্ত তালিকায় শেষ স্তম্ভে কারবনের ওজন 12 না হয় 12-এর গুণিতক। সুতরাং উপরোক্ত বিভিন্ন যৌগে বিভিন্ন আণবিক ওজনের মধ্যে কারবনের নিম্নতম ওজন হইল 12 যাহা সকল যৌগের আণবিক ওজনে পাওয়া যায়। আবার কারবনের পরমাণু ক্ষুদ্রতম কণা যাহা উপরোক্ত যৌগগুলির অণুর গঠনে প্রবেশ করে। সুতরাং 12 কারবনের পারমাণবিক ওজন। কারবনের অনেকগুলি যৌগ বিশ্লিষ্ট করা হইয়াছে, সুতরাং ইহা খুবই সম্ভব যে ইহাদের মধ্যে কতকগুলি অণুতে একটি মাত্র পরমাণু থাকিবেই। যদি ভবিষ্যতে কারবনের এমন কোন যৌগ আবিষ্কৃত হয় যাহার আণবিক ওজনে কারবনের ভাগ 12-এর কম থাকে তবে কারবনের 12 পাঃ ওজন থাকিবে না।

(v) **ভিক্টর মায়ার (Victor Meyer) পদ্ধতিতে বাষ্প-ঘনত্ব নির্ণয় ঃ**

নীতি ঃ যে সকল তরল পদার্থ সহজে বাষ্পীভূত হয় তাহাদের বাষ্প-ঘনত্ব এই প্রণালীর দ্বারা নির্ণয় করা সম্ভব। কোন নির্দিষ্ট ওজনের তরল লইয়া একটি পাত্রে ইহাকে বাষ্পীভূত করিয়া বাষ্পের আয়তন মাপা হয়।

পরীক্ষা ঃ A দীর্ঘ নলের শেষে মোটা B কুণ্ড এবং পার্শ্বে সরু নল C আছে। A নলকে উত্তমরূপে পরিষ্কার ও শুষ্ক কর যাহাতে নলের ভিতরে কোন জল না থাকে। এই নলকে ভিক্টর মায়ার নল বলে। নলের নীচে একটু বালি D রাখ। A নলের মোটা E মুখ বন্ধ কর। A নলকে বড় বহিরাবরণ কপার নল F-এর মধ্যে রাখ। F নলে একটি তরল G ফুটিতে থাকে। G-এর স্ফুটনাঙ্ক পরীক্ষাধীন পদার্থের স্ফুটনাঙ্কের চেয়ে 25° সেঃ বেশী হইবে। পার্শ্বনলের শেষ প্রান্ত H দ্রোণীর (trough) জলের মধ্যে ডুবিয়া থাকে। যখন C নল দিয়া কোন বুদ্‌বুদ্‌ বাহির না হয় তখন একটি জলপূর্ণ অংশাঙ্কিত I নলকে C নলের শেষ প্রান্তের উপর উপুড় করিয়া দাও। একটি ছিপিযুক্ত অতি ক্ষুদ্র শিশি J-তে প্রায় 0·1 গ্রাম পদার্থ লইয়া A নলের E ছিপি খুলিয়া ভিতরে শিশিকে দ্রুত ফেলিয়া E ছিপি আঁটিয়া দাও। তাপে শিশির ভিতরে গ্যাসের আয়তন বৃদ্ধিতে শিশির ছিপি আপনাআপনিই খুলিয়া যায়। পদার্থ বাষ্পীভূত হয়। বাষ্প বায়ু অপসারিত করে এবং এই অপসারিত বায়ু I নলে জমে।



৬৫নং চিত্র—ভিক্‌টর মায়ার পদ্ধতি

গণনা ঃ মনে কর, পদার্থের ওজন = W গ্রাম, অপসারিত বায়ুর আয়তন = N ঘঃ সেঃ মিঃ, বায়ুমণ্ডলের চাপ = P মিঃ মিঃ, জলের উষ্ণতা = t°C, উক্ত উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ = f মিঃ মিঃ। প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে

বাষ্পের আয়তন $N^1 = \frac{N \times (P-f) \times 273}{(273+t) \times 760}$ ঘঃ সেঃ মিঃ।

N^1 ঘঃ সেঃ মিঃ আয়তনের হাইড্রোজেনের ওজন = $N^1 \times 0{\cdot}00009$ গ্রাম।

পদার্থের বাষ্প-ঘনত্ব = $\frac{W}{N^1 \times 0{\cdot}00009}$.

পদার্থের আণবিক ওজন = $2 \times \frac{W}{N^1 \times 0{\cdot}00009}$.

দ্রষ্টব্য ঃ প্রমাণ ঘনত্ব (Normal Density) = সাধারণ উষ্ণতায় ও চাপে 1 লিটার গ্যাসের ওজন। গ্যাস বা বাষ্পের আপেক্ষিক ঘনত্ব

$$= \frac{\text{গ্যাসের বা বাষ্পের প্রমাণ ঘনত্ব}}{\text{হাইড্রোজেনের প্রমাণ ঘনত্ব}}, \text{ কিন্তু } M = 2 \times \text{আঃ ঘনত্ব।}$$

অঙ্ক ঃ 0·16 gm. of a liquid is vaporised and the issuing vapour expels 26·2 c. c. of air. The pressure and temperature of air are 764 m. m. and 17°C. The vapour pressure of water at 17°C is 14 mm. What is the vapour density of the liquid ?

(C. U. 1927]

নলের ভিতরের বায়ুর চাপ = বাহিরের বায়ুর চাপ—জলের বাষ্পীয় চাপ

$= 764 - 14 = 750$ মিঃ মিঃ।

মনে কর, প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে আয়তন = V ঘ. সে. মি.

$$\therefore \frac{750 \times 26{\cdot}2}{273 + 17} = \frac{V \times 760}{273}.$$

$$\therefore V = \frac{750 \times 26{\cdot}2 \times 273}{760 \times 290} \text{ ঘঃ সেঃ মিঃ।}$$

$$V \text{ আয়তন হাইড্রোজেনের ওজন} = \frac{750 \times 26{\cdot}2 \times 273}{760 \times 290} \times 0{\cdot}00009$$

∴ পদার্থের বাষ্পীয় ঘনত্ব

$$= \frac{\text{পদার্থের ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের ওজন}} = \frac{0{\cdot}16 \times 760 \times 290}{26{\cdot}2 \times 273 \times 750 \times 0{\cdot}00009} = 73\ 1$$

2 The vapour density of Boron chloride is 59. The equivalent weight of Boron is 3·607. Find the atomic weight of Boron.

মনে কর, মৌলের যোজ্যতা = m, এবং বোরোন ক্লোরাইডের সংকেত = $(bCl)m$. এখানে b দ্বারা বোরনের তুল্যাঙ্ক পরিমাণ প্রকাশ করিলে মৌলের আণবিক ওজন = 3·607m. ক্লোরাইডের আণবিক ওজন = 3·607m + 35·46m = 2D = 2 × 59.

$\therefore (3\ 607 + 35{\cdot}46)m = 2 \times 59 \quad \therefore m = 3{\cdot}02$

$\therefore$ পারমাণবিক ওজন $= 3{\cdot}607 \times 3 = 10{\cdot}82.$

(গ) আপেক্ষিক তাপ দ্বারা কঠিনের পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ঃ (i) **নীতিঃ ডুলং** (Dulong) **ও পেটিট** (Petit) **সূত্রঃ** যে কোন কঠিন মৌলিক পদার্থের (B, C, Si, Be ব্যতীত) আপেক্ষিক তাপ × পারমাণবিক ওজন = 6·4। (খ) কঠিনের পারমাণবিক ওজন × আঃ তাপ = পারমাণবিক তাপ। সুতরাং প্রত্যেক কঠিনের পারমাণবিক তাপ (atomic heat) = 6·4.

(ii) **পদ্ধতিঃ** (ক) কঠিনের আপেক্ষিক তাপ নির্ণয় কর। (খ) নং সমীকরণ হইতে পারমাণবিক ওজন বাহির কর।

অঙ্কঃ The specific heat of Indium 0·0057. Its equivalent weight = 37·8 and valency = 2 or 3. What is its true at. weight?

পারমাণবিক ওজন = তুল্যাঙ্ক ওজন × যোজ্যতা

ইণ্ডিয়ামের পারমাণবিব-ওজন = $2 \times 37{\cdot}8 = 75{\cdot}6$

অথবা $3 \times 37{\cdot}8 = 113{\cdot}4$.

ডুলং পেটিট সূত্র অনুসারে ইণ্ডিয়ামের পাবমাণবিক ওজন

$= 6{\cdot}4 \div 0{\cdot}0057 = 112{\cdot}28$

112·28 সংখ্যা 75·6-এর চেয়ে 113·4-এর নিকটতর, সুতরাং ইণ্ডিয়ামের পাঃ ওজন = 113·4.

দ্রষ্টব্য (ক) এই উপায়ে কেবল কঠিনের পারমাণবিক ওজন মোটামুটি নির্ণয় করা হয়। (খ) পদ্ধতিতে প্রাপ্ত পাঃ ওজন এই পদ্ধতিতে প্রাপ্ত পাঃ ওজনকে নির্ভুল করে। (গ) 1 গ্রাম পদার্থের 1° সেঃ উষ্ণতা-বৃদ্ধি করিতে প্রয়োজনীয় তাপের পরিমাণকে আপেক্ষিক তাপ বলে। ধাতুর পাঃ ওজন এই উপায়ে বাহির করা হয়, কারণ অতি অল্পসংখ্যক ধাতব যৌগ উদ্বায়ী। সুতরাং ইহাদের বাষ্প-ঘনত্ব নির্ণয় করা যায় না।

(ঘ) **সমাকৃতিত্ব** (Isomorphism) **পদ্ধতিঃ** (i) **সমাকৃতিত্ব** (সম + আকৃতি + ত্ব): কেলাসনের সাদৃশ্যকে **সমাকৃতিত্ব** বলে। যখন একাধিক পদার্থ সমাকৃতি হয় যখন তাহাদের কেলাসনের আকৃতি এক থাকে। জিঙ্ক্ সাল্ফেট ($ZnSO_4$, $7H_2O$) এবং ফেরাস সাল্ফেট ($FeSO_4$, $7H_2O$) সমাকৃতি লবণ।

(iii) **সমাকৃতির লক্ষণ** (Tests of Isomorphism) **তিনটিঃ (ক)** ইহাদের কেলাসনের আকৃতির সাদৃশ্য থাকে। **(খ)** ইহারা মিশ্রিত

কেলাস উৎপন্ন করে, যথা পটাস অ্যালামের ও ক্রোমিয়াম অ্যালামের দ্রবণ মিশ্রিত করিয়া কেলাসিত হইতে দিলে সমস্বত্ব (homogeneous) মিশ্রিত কেলাস পাওয়া যায়। (গ) ইহারা পরস্পরের কলেবরকে বৃদ্ধি করে (overgrowth) : ক্রোম অ্যালামের একটি কেলাসকে পটাস অ্যালামের সংপৃক্ত দ্রবণের মধ্যে রাখিলে গাঢ় বেগুনী বর্ণের ক্রোম অ্যালামের কেলাসের উপর বর্ণহীন পটাস অ্যালামের কেলাস জমিয়া যায়।

(iii) **মিসচারলিজের (Mitscherlich's) সমাকৃতিত্ব সূত্র :** দুইটি সমাকৃতিবিশিষ্ট পদার্থে সমানসংখ্যক পরমাণু একই রকমে যুক্ত থাকে। ইহাদের সমাকৃতিত্ব ইহাদের পরমাণুর সংখ্যার উপর নির্ভর করে এবং পরমাণুর প্রকৃতির উপর নির্ভর করে না। সমাকৃতি বিশিষ্ট পদার্থদ্বয়ে একটি মৌল অপর একটি মৌলকে পারমাণবিক সংখ্যার অনুপাতে (atom for atom) প্রতিস্থাপন করে।

$$\text{অর্থাৎ } \frac{\text{A মৌলের প্রতিস্থানীয় ওজন}}{\text{B মৌলের প্রতিস্থানীয় ওজন}} = \frac{\text{Aর পারমাণবিক ওজন}}{\text{Bর পারমাণবিক ওজন}} \text{।}$$

একটির পারমাণবিক ওজন জানা থাকিলে অপরটির পারমাণবিক ওজন বাহির করা যায়।

(iv) **পদ্ধতি :** (ক) দুইটি সমাকৃতি লবণ বাছিয়া লও। (খ) বিশ্লেষণ করিয়া ইহাদের পরমাণুর সংখ্যা বাহির কর। (গ) একটি লবণের মধ্যে একটি মৌলের সংখ্যা জানা থাকিলে সমীকরণ হইতে অপরটির পারমাণবিক ওজন পাওয়া যায়।

দৃষ্টান্ত : (i) জিঙ্ক সাল্‌ফেট ($ZnSO_4$, $7H_2O$) ও ম্যাগ্‌নেসিয়াম সালফেট ($MgSO_4$, $7H_2O$) সমাকৃতি, সুতরাং ইহাদের অণুতে একই সংখ্যক পরমাণু থাকে। প্রত্যেক লবণে একটি SO_4 মূলক আছে। আমরা জানি ম্যাগনেসিয়াম সালফেটের এক অণুতে একটি ম্যাগনেসিয়াম পরমাণু আছে, সুতরাং জিঙ্ক সালফেটের একটি অণুতে একটি জিঙ্ক পরমাণু থাকিবে। বিশ্লেষণ করিয়া দেখা গিয়াছে যে 161 গ্রাম জিঙ্ক সাল্‌ফেটে (জিঙ্ক সালফেটের এক গ্রাম অণু) 65 গ্রাম জিঙ্ক আছে, সুতরাং জিঙ্কের পাঃ ওজন = 65।

(ii) পটাসিয়াম সাল্‌ফেট (K_2SO_4) ও পটাসিয়াম সেলেনেট (K_2SeO_4) সমাকৃতি।

পটাসিয়াম সাল্‌ফেটে সালফারের ভাগ = 18·39, পটাসিয়াম সেলেনেটে সেলেনিয়ামের ভাগ = 45·4 ; সাল্‌ফারের পাঃ ওজন = 32. সেলেনিয়ামের পাঃ ওঃ কত ?

সমীকরণ হইতে $\frac{\text{S-এর প্রতিস্থাপনীয় ওজন}}{\text{Se-এর প্রতিস্থানীয় ওজন}} = \frac{\text{S-এর পাঃ ওজন}}{\text{Se-এর পাঃ ওজন}}$ ।

∴ Se-এর পাঃ ওজন $= \frac{45{\cdot}4}{18{\cdot}39} \times 32 = 79$.

দ্রষ্টব্য : (ক) একই গঠনের কঠিন যৌগের আপেক্ষিক তাপ ও আণবিক ওজন ব্যস্তানুপাতিক হয়।

(খ) কঠিন যৌগের আণবিক তাপ = মৌলের পারমাণবিক তাপের যোগফল।

অঙ্ক : The vapour density of the chloride of an element is 66 and the oxide of the element contains 53% of the element. Calculate its valency and the probable atomic weight.

(London University)

47 গ্রাম অক্সিজেন 53 গ্রাম মৌলের সঙ্গে যুক্ত হয়।

∴ মৌলের তুল্যাঙ্ক-ওজন = 9.

মনে কর, মৌলের যোজ্যতা $= x$. ∴ পাঃ ওজন = যোজ্যতা × তুল্যাঙ্ক $= 9x$। মনে কর, ক্লোরাইডের ফরমূলা $= \mathrm{MCl}x$; M = মৌলের পরমাণু। ক্লোরাইডের আণবিক ওজন $= 2 \times 66 = 132$; $\mathrm{MCl}x$-এর আণবিক ওজন $= (9x + x \times 35{\cdot}5)$

$$9x + 35{\cdot}5x = 132 \quad \therefore \quad x = 2{\cdot}96.$$

অতএব মৌলটির যোজ্যতা = 3 এবং মৌলের পারমাণবিক ওজন $= 3 \times 9 = 27$

2. 0·1 gm. of a metal when dissolved in Sulphuric acid evolves 124·2 c. c. of Hydrogen at N. T. P. The specific heat of the metal is 0·23. Find the equivalent weight, atomic weight and the valency of the element. (All. 1913)

উত্থিত (evolved) হাইড্রোজেনের ওজন $= 124{\cdot}2 \times 0{\cdot}00009$ গ্রাম

∴ মৌলের তুল্যাঙ্ক $= \frac{0{\cdot}1}{124{\cdot}2 \times 0{\cdot}00009} = 9$ (app)

ডুলং ও পেটিট সূত্রানুসারে মোটামুটি পাঃ ওজন × আঃ তাপঃ = 6·4

$$\therefore \text{ মোটামুটি পাঃ ওজন} = \frac{6{\cdot}4}{0{\cdot}23} = 27{\cdot}9$$

$$\text{যোজ্যতা} = \frac{\text{পাঃ ওজন}}{\text{তুল্যাঙ্ক}} = \frac{27{\cdot}9}{9} = 3{\cdot}1 = 3$$

কারণ যোজ্যতা পূর্ণসংখ্যা হয়। ∴ ঠিক পাঃ ওজন = 9 × 3 = 27.

প্রশ্নাবলী

1. Explain clearly the meaning of the terms 'atoms' and 'molecules'. "অণু" "পরমাণু" ; কথাগুলির অর্থ পরিষ্কারভাবে ব্যাখ্যা কর।

(Bom. 1915 ; Punj. 1914 ; C. U. 1935, '46

2. Explain the importance of Avogadro's hypothesis in determining the atomic weights of elements, illustrating your answer by examples. মৌলের পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ে অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের গুরুত্ব উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।

(Nag ; C. U. 1916)

3. What is Isomorphism ? Give examples and state any conclusions you can legitimately draw from the phenomenon of isomorphism (C. U. '29) The sulphate of a metal contains 20·9% of the metal and is isomorphous with $ZnSO_4$, $7H_2O$. What is the probable At. Wt. of the metal ? সমাকৃতিত্ব কাহাকে বলে ? ইহার উদাহরণ দাও। সমাকৃতিত্বের ঘটনা হইতে কি সিদ্ধান্ত সঙ্গতভাবে গ্রহণ করা যায় ? কোন ধাতুর সালফেটে 20·9% ধাতু আছে এবং ইহা $ZnSO_4$, $7H_2O$-এর সঙ্গে সমাকৃতি। ইহার আনুমানিক পারমাণবিক ওজন কত ? (Ans. 58·7)

4. What do you mean by At. Wt. of an element ? How have the At. Wts. of elements been determined ? মৌলের পারমাণবিক ওজন বলিলে কি বুঝ ? মৌলের পারমাণবিক ওজন কিরূপে নির্ণীত হয় ? (C. U. 1943)

5. State Dulong and Petit's law and discuss its applications. Determine the At. wt. of an element from the following data :—Sp, heat 0·119 ; 10 gms. of the element combine with 4·298 gms. of Oxygen ; 8 gms. of the element combine with 10·159 gms. of chlorine. ডুলং ও পেটিট সূত্র বিবৃত কর এবং ইহার প্রয়োগ আলোচনা কর। নিম্নলিখিত প্রদত্ত সংখ্যা হইতে মৌলের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর :—আপেক্ষিক তাপ = 0·119 ; মৌলের 10 গ্রাম 4·298 গ্রাম অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয় ; মৌলের 8 গ্রাম 10·159 গ্রাম ক্লোরিনের সঙ্গে যুক্ত হয়। (Bom. 1935. Ans, 55·86)

6. 10 gms. of mercury unite with 0·8 gms. of Oxygen to form an Oxide, 100 c. c. of Hg-vapour at N. T. P. weigh 8·958 gms. The sp. heat of mercury is 0·033. Use these data to show that Hg—molecules are mono atomic. 10 গ্রাম পারদ 0·8 গ্রাম অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া একটি অক্সাইড গঠন করে। 100 ঘন সেঃ মিঃ পারদ বাষ্পের ওজন প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে = 8·958 গ্রাম। পারদের আপেক্ষিক তাপ = 0·033. এই সকল প্রদত্ত সংখ্যা হইতে দেখাও যে পারদের অণু এক পরমাণুক।

(All 1932 : Pat. U. 1937)

7. A metal forms two Oxides contaning respectively 22·2 and 30 p. c. of Oxygen. Its sp. heat is 0·114. What formula you would assign to them ? একটি ধাতু শতকরা 22·2 ও 30 ভাগ অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া দুইটি অক্সাইড গঠন করে। ইহার আপেক্ষিক তাপ = 0·114. ইহাদিগের সংকেত কি হইবে ? (Bom 1926)

8. The chloride of a metal contains 65·84% of chlorine. Its vapour density is 80 (H = 1). Calculate the Eq. Wt., Valency and the At. Wt. of the metal. একটি ধাতুর ক্লোরাইডে 65·84% ক্লোরিন আছে। ইহার বাষ্প-ঘনাঙ্ক 80 (H = 1). ধাতুর তুল্যাঙ্ক ওজন, যোজ্যতা ও পারমাণবিক ওজন বাহির কর।

[Ans. Eq. Wt. = 18·42. At. Wt. = 55·26. Valency = 3].

9. 0·5395 gm. of a metal when converted into its chloride weighs 0·7175 gm. The sp. heat of the metal is 0·059. What is its correct At. Wt. Cl = 35·5 কোন ধাতুর 0·5395 গ্রাম ক্লোরাইডে পরিণত হইলে 0·7175 গ্রাম ওজন হয়। ধাতুর আপেক্ষিক তাপ = 0·059. ইহার নির্ভুল পারমাণবিক ওজন কি ?

(Bom 1915. Ans = 107·9)

10 What do you understand by the statement—"the Atomic Wt. of chlorine is 35·5". "ক্লোরিনের পারমাণবিক ওজন = 35·5"-এই উক্তির দ্বারা কি বুঝ ?

(C. U. 1946)

11. The Sp. ht. of an element is 0·198. What is probable At. Wt ? একটি মৌলের আপেক্ষিক তাপ = 0·198 : ইহার আনুমানিক পাঃ ওজন কত ? (Ans. 32·82)

12. The Sp. ht. of Pt. is 0·0324. What is its At. Wt ? প্লাটিনামের আপেক্ষিক তাপ = 0·0324 ; ইহাদের পারমাণবিক ওজন কত ? (Ans. 197·5)

ত্রয়োদশ অধ্যায়

[**Course Content :** Gram molecule, gram molecular weight. Problems. Simple calculations from equations of reacting weights of substances and volumes of gases.]

সমীকরণ হইতে সরল গণনা

(Simple Calculations from Equations involving weights and volumes)

১৪১। **গ্রাম-অণু** এবং **গ্রাম আণবিক ওজন** (Gram Molecule and Gram molecular weight) **সম্পর্কিত অঙ্ক :** গ্রাম-অণু এবং গ্রাম আণবিক ওজনের বিষয় নবম শ্রেণীতে আলোচিত হইয়াছে।

নিম্নলিখিত সংজ্ঞা ও সম্পর্কগুলি মনে রাখিবে :

(১) গ্রামে প্রকাশিত আণবিক ওজনকে **গ্রাম-আণবিক ওজন** (Gram Molecular Weight) বা **গ্রাম-অণু** (Gram Molecule) বলে। 98 গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিড ইহার এক গ্রাম-অণু। "10 গ্রাম-অণু সালফিউরিক অ্যাসিড" বলিলে "$98 \times 10 = 980$ গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিড" বুঝায়।

মনে রাখিবে অণুর আসল ওজন গ্রাম-অণুর ওজনের চেয়ে বহু কোটি গুণ কম। গণনায় সুবিধার জন্য এইরূপ করা হয়। এক পরমাণু হাইড্রোজেনের আসল ওজন $= 1{\cdot}66 \times 10^{-24}$ গ্রাম কিন্তু হাইড্রোজেনের গ্রাম-অণু $= 2$ গ্রাম।

(২) সাধারণ উষ্ণতায় ও চাপে (N. T. P.) সকল গ্যাসীয় পদার্থের এক গ্রাম-অণু 22·4 লিটার আয়তন দখল করে। এই আয়তনকে **আণবিক আয়তন** (Gram Molecular volume) বলে। সুতরাং 2 গ্রাম হাইড্রোজেন, 32 গ্রাম অক্সিজেন, 17 গ্রাম অ্যামোনিয়া, 44 গ্রাম কারবন ডাই-অক্সাইড—সব সাধারণ উষ্ণতায় ও চাপে 22·4 লিটার আয়তন দখল করে।

(৩) যে কোন গ্যাসের এক লিটারের ওজন (প্রঃ উঃ ও চাঃ) = গ্যাসের ঘনাঙ্ক × 0·09 গ্রাম।

(৪) আণবিক ওজন = ঘনাঙ্ক × 2.

অঙ্ক : What is the volume of 20 gms. nitrogen at N. T. P ?

গ্রাম-অণু নাইট্রোজেনের বা 28 গ্রাম নাইট্রোজেনের আয়তন প্রঃ উষ্ণতায় ও চাপে = 22·4 লিটার।

$$\therefore \quad 28 : 20 :: 22{\cdot}4 : x$$

$$\therefore \quad x = \frac{20 \times 22{\cdot}4}{28} = 16{\cdot}0 \text{ লিটার।}$$

2. What is the weight of 100 c. c. of carbon dioxide at N. T. P. ?

প্রঃ উঃ ও চাপে 1 লিটার (= 1000 ঘন সেন্টিমিটার) কারবন ডাই-অক্সাইডের ওজন = 0·09 × 22, কারণ গ্যাসের ঘনাঙ্ক = M ÷ 2 = 44 ÷ 2 = 22 প্রঃ উঃ ও চাপে 100 ঘঃ সেঃ কারবন ডাই-অক্সাইডের ওজন

$$= \frac{0{\cdot}09 \times 22}{10} = 0{\cdot}198 \text{ গ্রাম।}$$

3. What is the volume of 0·5 gms. of ammonia at N. T. P. ?

এক গ্রাম-অণু অর্থাৎ 17 গ্রাম অ্যামোনিয়ার আয়তন = 22·4 লিটার (প্রঃ উঃ ও চাপে)।

$$\therefore 0{\cdot}5 \text{ গ্রামের আয়তন (প্রঃ উঃ ও চাপে)} = \frac{22{\cdot}4 \times 0{\cdot}5}{17} = 0{\cdot}635 \text{ লিটার।}$$

4. What is the weight of 200 c. c. of sulphuric acid of sp. gr. 1·84 ?

1 ঘঃ সেঃ মিঃ H_2SO_4-এর ওজন = 1·84।

$\therefore$ 200 ঘঃ সেঃ মিঃ H_2SO_4-এর ওজন = 1·84 × 200 = 368 গ্রাম।

5. Hydrochloric acid of sp. gr 1·112 contains 21 percent by weight of gaseous hydrochloric acid ; find the volume of gaseous hydrochloric acid in 10 c. c. of such acid.

10 ঘঃ সেঃ মিঃ HCl-এর ওজন $= 11{\cdot}12$ গ্রাম

$\therefore$ 10 ঘঃ সেঃ মিঃ গ্যাসীয় HCl-এর ওজন $= \dfrac{11{\cdot}12 \times 21}{100}$

$= 2{\cdot}3352$ গ্রাম

HCl-এর গ্রাম-আণবিক ওজন $= 36{\cdot}5$ গ্রাম

$\therefore$ $36{\cdot}5$ গ্রাম HCl-এর আয়তন $= 22{\cdot}4$ লিটার

$2{\cdot}3352$ গ্রাম HCl-এর আয়তন $= \dfrac{22{\cdot}4 \times 2{\cdot}3352}{36{\cdot}5} = 1{\cdot}433$ লিটার।

6. Find the weight of 250 c. c. of marsh gas (CH_4) at N. T. P.

মার্স গ্যাসের আণবিক ওজন $= 12 + 4 = 16$.

$\therefore$ ইহার ঘনাঙ্ক $= 16 \div 2 = 8$

$\therefore$ এক লিটার মার্স গ্যাসের ওজন $= 8 \times 0{\cdot}09$ গ্রাম:

$\therefore$ 250 ঘঃ সেঃ মিঃ মার্স গ্যাসের ওজন $= 8 \times \frac{1}{4} \times 0{\cdot}09 = 0{\cdot}18$ গ্রাম।

7. Density of chlorine $= 35{\cdot}5$. Calculate the weight of 100 c. c. of chlorine measured at 27°C and 740 m. m. pressure.

মনে কর, 27°C উষ্ণতার ও 740 মিঃ মিঃ চাপের 100 ঘঃ সেঃ মিঃ ক্লোরিনের আয়তন সাধারণ উষ্ণতা ও চাপে $= V$ ঘঃ সেঃ মিঃ।

চার্লস ও বয়েল সূত্র অনুসারে,

$$\frac{100 \times 740}{27 + 273} = \frac{V \times 760}{273} \text{ বা } V = \frac{100 \times 740 \times 273}{760 \times 300} = 88{\cdot}605 \text{ ঘঃ সেঃ মিঃ।}$$

সাধারণ উষ্ণতা ও চাপে 1 লিটার ক্লোরিনের ওজন $= 35{\cdot}5 \times 0{\cdot}09$ গ্রাম

$\therefore$ প্রঃ উঃ ও চাপে $88{\cdot}605$ ঘঃ সেঃ মিঃ ক্লোরিনের ওজন

$$= \left\{\frac{88{\cdot}605 \times 35{\cdot}5 \times 0{\cdot}09}{100}\right\} = 0{\cdot}28305 \text{ গ্রাম।}$$

প্রশ্নাবলী

1. 800 c. c. of a gas measured at 27°C and 780 mm. pressure weigh 0·5 gm. Find its density at N. T. P. (Ans. 19·82)

2. What is the volume of I gm. of CO_2 at N. T. P. ?

(Ans. 0·5091 litre)

3. The density of a gas is 16. Find out the volume which will be occupied by 10 gms. of the gas at 27°C and 740 mm. pressure.

(Ans. 7·9 litres)

4. Ordinary Nitric acid contains 65 per cent by weight of Nitric acid. How much of it must we use to make 1 litre of acid containing 0·68 gm. of real acid per c. c. (Ans. 969·23 gms)

১৪২। ওজন ও ওজন সংক্রান্ত গণনা (Calculations involving weights and weights) ঃ

কোন রাসায়নিক ক্রিয়ার সমীকরণ জানা থাকিলে ক্রিয়াশীল দ্রব্যের ওজন বাহির করা যায় কিংবা প্রদত্ত ওজন হইতে উৎপন্ন দ্রব্যের ওজন বাহির করা যায় কিংবা প্রদত্ত উৎপন্ন দ্রব্যের ওজন হইতে ক্রিয়াশীল দ্রব্যের ওজন বাহির করা যায়।

নিয়ম ঃ (i) রাসায়নিক ক্রিয়ার সমীকরণ নির্ভুলভাবে লিখ। ক্রিয়াশীল দ্রব্যের ও উৎপন্ন দ্রব্যের ফরমূলার নীচে ওজন লিখ। প্রয়োজনীয় বিষয় গণনা কর। (নবম শ্রেণীর পুস্তকের, ১৪৩ অনুচ্ছেদ)

অঙ্ক ঃ 1. Find the weight of Quicklime obtained by strongly heating 20 gms. of marble. Ca = 40, C = 12, O = 16.

ক্রিয়ার সমীকরণ ঃ—

$$\begin{array}{lll} CaCO_3 & = CaO & + \quad CO_2 \\ 40+12+48=100 & 40+16=56 & \end{array}$$

সমীকরণ হইতে জানা যায় যে—

100 গ্রাম মার্বলকে প্রবলভাবে উত্তপ্ত করিলে 56 গ্রাম চুন পাওয়া যায়।

$\therefore$ 20 গ্রাম মার্বেল $\frac{20 \times 56}{100} = 11 \cdot 2$ গ্রাম চুন দেয়।

2. Find the weight of Caustic Soda when 70 gms. of Sodium acts on water.

ক্রিয়ার সমীকরণ ঃ—

$$\begin{array}{llll} 2Na + 2H_2O & = & 2NaOH & + H_2 \\ 2 \times 23 & & 2 \times (23+16+1) & \\ =46 & & =80 & \end{array}$$

সমীকরণ হইতে জানা যায় যে—

46 গ্রাম সোডিয়াম 80 গ্রাম NaOH দেয়।

∴ 70 গ্রাম সোডিয়াম

$$\frac{70 \times 80}{46} = 121{\cdot}3$$ গ্রাম কস্টিক সোডা দেয়।

3. What weight of Hydrogen will be required to produce 200 gms. of H_2O ?

ক্রিয়ার সমীকরণ :—

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O.$$
$$2 \times 2 \qquad 2 \times (16+2).$$

সমীকরণ হইতে জানা যায় যে :—

36 গ্রাম জলের জন্য 4 গ্রাম হাইড্রোজেনের প্রয়োজন।

∴ 200 গ্রাম জলের জন্য $\frac{200 \times 4}{36} = 22{\cdot}2$ গ্রাম হাইড্রোজেন দরকার।

4. 4·8 gms. of Mg are treated with 20 gms. of HCl. Find the wt. of Hydrogen obtained.

ক্রিয়ার সমীকরণ :—

$$Mg + 2HCl = MgCl_2 + H_2$$
$$24 \qquad 2 \times (1+35{\cdot}5) \qquad 2 \times 1.$$

সমীকরণ হইতে জানা যায় যে :

24 গ্রাম Mg $(2 \times 36{\cdot}5 =)$ 73 গ্রাম HCl-এর সঙ্গে ক্রিয়া করে। ∴ 4·8 গ্রাম Mg. 14·6 গ্রাম HCl-এর সঙ্গে ক্রিয়া করিবে। সুতরাং $(20 - 14{\cdot}6) = 5{\cdot}6$ গ্রাম HCl উদ্বৃত্ত থাকিবে। এই অ্যাসিড দ্বারা কোন হাইড্রোজেন উদ্ভূত হইবে না। Mg কম থাকায় Mg-এর ওজন অনুসারে হাইড্রোজেন উদ্ভূত হইবে; সুতরাং Mg-এর ওজন অনুসারে গণনা হইবে। সুতরাং 4·8 গ্রাম Mg হইতে 0·4 গ্রাম হাইড্রোজেন পাইব।

5. What weight of Calcium Carbonate must be decomposed by HCl to produce a quantity of Carbon dioxide that

will suffice for the conversion of 50 gms. of caustic soda into sodium carbonate.

NaOH ও CO_2-এর ক্রিয়ার সমীকরণ :

$$\underset{80}{2NaOH} + \underset{44}{CO_2} = Na_2CO_3 + H_2O.$$

সমীকরণ হইতে জানা যায় যে :—

80 গ্রাম NaOHকে Na_2CO_3তে পরিণত করিতে 44 গ্রাম CO_2 লাগে।

$\therefore$ 50 গ্রাম NaOHকে Na_2CO_3 করিতে $\left(\frac{44 \times 50}{80}\right)$ গ্রাম CO_2 লাগিবে।

আবার $CaCO_3$ ও HCl-এর ক্রিয়ার সমীকরণ :—

$$\underset{100}{CaCO_3} + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + \underset{44}{CO_2}.$$

সমীকরণ হইতে পাওয়া যায় যে :—

100 গ্রাম $CaCO_3$ হইতে 44 গ্রাম CO_2 পাওয়া যায়।

$\therefore$ $\frac{44 \times 50 \times 100}{44 \times 80} = 62{\cdot}5$ গ্রাম $CaCO_3$ হইতে

$\frac{44 \times 50}{80} = 27{\cdot}5$ গ্রাম CO_2 পাওয়া যায়।

6. How much Potassium chlorate is to be heated to get as much oxygen as would be obtained by heating 100 grams of mercuric oxide ?

HgO-এর ক্রিয়ার সমীকরণ :

$$\underset{2(200+16)}{2HgO} = 2Hg + \underset{2 \times 16.}{O_2}.$$

এই সমীকরণ হইতে পাওয়া যায় যে :—

2×216 গ্রাম HgO হইতে 2×16 গ্রাম অক্সিজেন পাওয়া যায়।

$\therefore$ 100 গ্রাম HgO হইতে $\frac{2 \times 16 \times 100}{2 \times 216} = \frac{200}{27}$ গ্রাম অক্সিজেন পাওয়া যায়।

পটাসিয়াম ক্লোরেটের ক্রিয়ার সমীকরণ :—

$$2KClO_3 \quad = \quad 2KCl \quad + 3O_2.$$
$$2(39+35{\cdot}5+48) \qquad\qquad 3\times32.$$

এই সমীকরণ হইতে পাওয়া যায় :—

$2\times122{\cdot}5$ গ্রাম $KClO_3$ হইতে 96 গ্রাম অক্সিজেন পাওয়া যায়।

∴ $\frac{200}{27}$ গ্রাম অক্সিজেন পাইতে হইলে $\frac{2\times122{\cdot}5}{96}\times\frac{200}{27}=18{\cdot}9$ গ্রাম $KClO_3$ উত্তপ্ত করিতে হইবে।

7. 5 gms. of $MgCO_3$ is added to 10 gms. of H_2SO_4 diluted with water. After the reaction 1 gm. of $MgCO_3$ remained unchanged. What is the percentage composition of pure H_2SO_4 in the acid used ?

মোট (5 − 1 =) 4 গ্রাম $MgCO_3$ সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে ক্রিয়া করে।

$MgCO_3$ ও H_2SO_4 ক্রিয়ার সমীকরণ :—

$$MgCO_3 \quad + H_2SO_4 = MgSO_4 + H_2O + CO_2.$$
$$24+12+48 \quad 98$$

84 গ্রাম $MgCO_3$ 98 গ্রাম H_2SO_4-এর সঙ্গে ক্রিয়া করে।

∴ 4 গ্রাম $MgCO_3$ $\frac{98}{84}\times4=4{\cdot}6$ গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে ক্রিয়া করে।

সুতরাং 10 গ্রাম ব্যবহৃত H_2SO_4তে 4·6 গ্রাম বিশুদ্ধ H_2SO_4 আছে।

∴ ব্যবহৃত H_2SO_4তে শতকরা বিশুদ্ধ H_2SO_4-এর ভাগ 46.

প্রশ্নাবলী

1. How much sulphuric acid is required theoretically to decompose 100 gms. of chalk and how much calcium sulphate will be produced ?

(Eq. $H_2SO_4+CaCO_3=CaSO_4+CO_2+H_2O$).

(C. U. 1910. Ans. 98 gms. and 136 gms)

2. 1·4 gms. of copper are displaced from a solution of copper sulphate in water by Iron. Find the weight of Iron sulphate produced.

($CuSO_4 + Fe = FeSO_4 + Cu$.
$Cu = 63·5$, $Fe = 55·9$, $S = 32$.
Ans. 3·351 gms).

3. How much phosphorus should be burnt to remove the oxygen from 500 gms. of air? What would be the weight of the residual gas? Air contains 23 per cent of oxygen by weight.

(C. U. 1915 ; Ans. 89·125 gms. of P ; 0·385 gms, of N)

4. How much Nitre (KNO_3) will be required to produce sufficient Nitric acid to dissolve 50 gms. of Copper ?

$2KNO_3 + H_2SO_4 = K_2SO_4 + 2HNO_3$.
$Cu + 4HNO_3 = Cu(NO_3) + 2H_2O + N_2O_4$.
Ans, 212·07 gms.)

5. 0·6 gm. of a sample of NaCl when treated with $AgNO_3$ sol. gave 1·37 gms of AgCl. Calculate the percentage of purity of the sample of NaCl

(Ans. 93·1%)

6. How much ferric oxide is obtained from two seers of ferrous sulphate ? (Fe = 56, S = 32)

$2FeSO_4 = Fe_2O_3 + SO_3 + SO_2$.

(Ans. 1·052 seer)

7. What weight of Pb is required to get 4 pounds of Lead monoxide ?

(Pb = 204) $2Pb + O_2 = 2PbO$; Ans. 3·72 Pounds.)

8. Chili Nitrate contains 92% $NaNO_3$. Concentrated sulphuric acid contains 96% acid. What weight of the above nitrate and sulphuric acid will be required to produce 40 lb. of Nitric Acid. (Na = 23, N = 14, S = 32)

$2NaNO_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2HNO_3$.

(Ans. 58·6 lbs. of Chili nitrate, 32·2 lbs of sulphuric acid.)

9. What weight of Iron oxide is obtained by passing steam over 2 maunds of Iron filings ?

$3Fe + 4H_2O = Fe_3O_4 + 4H_2$. (Ans. 2·76 maunds.)

10. What would be the decrease in weight when one kilogram of Dolomite is strongly heated ?

$CaCO_3, MgCO_3 = CaO + MgO + 2CO_2$. (Ans 478·3 grams)

11. What weight of Lead Nitrate will be obtained when 13·4 gms of Lead carbonate react with 15 gms. of Nitric Acid ? (Pb=208).

[**Hints.** ক্রিয়াশীল উপাদানের মধ্যে যেটি সম্পূর্ণরূপে পরিবর্তিত হয় তাহার পরিমাণ অনুযায়ী উৎপন্ন পদার্থের পরিমাণ নির্ধারিত হয়।]

($PbCO_3+2HNO_3=Pb(NO_3)_2+H_2O+CO_2$.

(Ans. 16·6 gms. of Pb $(NO_3)_2$.)

12. What weight of Hydrogen will be obtained by the action of 19·6 gms. of sulphuric acid on 12 gms. of Iron ?

$Fe+H_2SO_4=FeSO_4+H_2$; (Ans. 0·4 gms)

১৪৩। ওজন ও আয়তন সংক্রান্ত গণনা (Calculations involving weight and volume):

সমীকরণ ঃ

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O$$

এই সমীকরণ নিম্নলিখিত অর্থ প্রকাশ করে :—

(i) 2 আয়তন হাইড্রোজেন+1 আয়তন অক্সিজেন=2 আয়তন ষ্টীম (প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে N. T. P)—ইহাই আয়তনিক সম্পর্ক।

(ii) 4 তৌলিক ভাগ হাইড্রোজেন+32 তৌলিক ভাগ অক্সিজেন=36 ভাগ ষ্টীম—ইহাই তৌলিক সম্পর্ক।

(iii) 2×22·4 লিটার হাইড্রোজেন+22·4 লিটার অক্সিজেন=2×22·4 লিটার ষ্টীম বা 36 গ্রাম ষ্টীম (প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে)।

মনে রাখিবে :—(i) প্রত্যেক অণু এক আয়তন হিসাবে স্থান দখল করে। প্রমাণ উষ্ণতা (0°C) ও প্রমাণ চাপে (760 মিঃ মিঃ) সমীকরণ ও গ্যাসের আয়তনিক সম্পর্ক সত্য।

(ii) গ্রামে প্রকাশিত আণবিক ওজন **প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে** 22·4 লিটার আয়তন দখল করে।

(iii) প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে এক লিটার হাইড্রোজেনের ওজন=0·09 গ্রাম। ইহা রাসায়নিক তুলাযন্ত্রে ওজন করিয়া নির্ণীত হইয়াছে।

(iv) গ্যাস প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে না থাকিলে $\frac{PV}{T}=\frac{P^1V^1}{T^1}$ সমীকরণের সাহায্যে ইহাকে প্রমাণ অবস্থায় আনিতে হয়।

(v) গ্যাসের প্রকৃত আয়তন লিটারে বা ঘন সেন্টিমিটারে প্রকাশ করিতে হয়।

(vi) গ্যাসের বাষ্পীয় ঘনাঙ্ক × 2 = গ্যাসের পারমাণবিক ওজন।

অঙ্ক : 1. **What volume of Oxygen at N. T. P. is given off on heating 2 gms. of Mercuric Oxide ?**

ক্রিয়ার সমীকরণ :— $2HgO = 2Hg + O_2$

$2 \times (200+16)$ গ্রাম $\quad$ 22·4 লিটার

এই সমীকরণ হইতে পাওয়া যায় যে 432 গ্রাম মারকিউরিক অক্সাইড হইতে 22·4 লিটার (প্রঃ উঃ ও চাঃ) অক্সিজেন পাওয়া যায়।

$\therefore$ 2 গ্রাম HgO হইতে $\frac{2 \times 22{\cdot}4}{432} = 0{\cdot}1036$ লিটার অক্সিজেন প্রঃ উঃ ও চাঃ) পাওয়া যায়।

2. **200 c. c. of carbon disulphide (sp. gr 2 6) are burnt in Oxygen. Find the volume of resulting gases at N. T. P.**

200 ঘঃ সেঃ মিঃ CS_2-এর ওজন = $200 \times 2{\cdot}6 = 520$ গ্রাম ($\because$ ঘনাঙ্ক × আয়তন = ভর বা ওজন)।

ক্রিয়ার সমীকরণ :—

$$CS_2 + 3O_2 = CO_2 + 2SO_2$$

76 গ্রাম $\quad$ 22·4 লিটার $\quad$ $2 \times 22{\cdot}4$ লিটার

সমীকরণ হইতে পাওয়া যায় যে, 76 গ্রাম CS_2 হইতে $22{\cdot}4 + 2 \times 22{\cdot}4 = 67{\cdot}2$ লিটার (প্রঃ উঃ ও চাঃ) CO_2 ও SO_2 পাওয়া যায়।

$\therefore$ 520 গ্রাম CS_2 হইতে $\frac{520 \times 67{\cdot}2}{76} = 459{\cdot}78$ লিটার CO_2 ও SO_2 (প্রঃ উঃ ও চাঃ) পাওয়া যায়।

3. **What weight of sulphur must be burnt in air so as to yield 20 litres of sulphur dioxide at standard temperature and pressure ?**

ক্রিয়ার সমীকরণ :— $S + O_2 = SO_2$

32 গ্রাম $\quad$ 22·4 লিটার (প্রঃ উঃ ও চাঃ)।

সমীকরণ হইতে পাওয়া যায় যে 32 গ্রাম সালফার পুড়াইয়া প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 21·4 লিটার SO_2 পাওয়া যায়।

সুতরাং $\frac{20\times32}{22\cdot4}=28\cdot56$ গ্রাম সালফার পুড়াইয়া প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 20 লিটার SO_2 পাওয়া যায়।

4. What weight of copper must be dissolved in sulphuric acid to give 10 litres of sulphur dioxide at 27°C and 750 mm ?

মনে কর, 27°C উষ্ণতায় ও 750 মিঃ মিঃ চাপে 10 লিটার SO_2 প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে V লিটার আয়তন দখল করে।

$$\therefore \frac{10\times750}{273+27}=\frac{V\times760}{273}$$

V = 8·98 লিটার (প্রঃ উঃ ও চাঃ)

ক্রিয়ার সমীকরণ :—$Cu+2H_2SO_4=CuSO_4+SO_2+2H_2O$

63·5 গ্রাম 22·4 লিটার

সমীকরণ হইতে পাওয়া যায় যে, 22·4 লিটার (প্রঃ উঃ ও চাঃ) SO_2 উৎপন্ন করিতে 63·5 গ্রাম কপার দরকার। মনে কর, 8·98 লিটার (প্রঃ উঃ ও চাঃ) SO_2 উৎপন্ন করিতে x গ্রাম কপার দরকার।

$$\therefore\ 22\cdot4 : 8\cdot98 :: 63\cdot5 : x$$

$$\therefore\ x=\frac{8\cdot98\times63\cdot5}{22\cdot4}=25\cdot456$$ গ্রাম।

5. How many gms. of Ammonium chloride would be required to prepare a cubic metre of Ammonia at 15°C and 750 mm. pressure ? (A. U.)

1 ঘঃ মিঃ = 1000 লিটার

মনে কর, 15°C উষ্ণতায় ও 750 মিঃ মিঃ চাপে যে অ্যামোনিয়া 1000 লিটার আয়তন দখল করে তাহা প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে V লিটার আয়তন দখল করে।

$$\frac{1000\times750}{15+273}=\frac{V\times760}{273}\text{ বা } V=\frac{1000\times750\times273}{760\times288}=935\cdot4$$ লিটার

$$2NH_4Cl + CaO = 2NH_3 + CaCl_2 + H_2O.$$

2 × 53·5 গ্রাম 2 × 22·4 লিটার

∴ 2 × 53·5 গ্রাম NH_4Cl হইতে 2 × 22·4 লিটার অ্যামোনিয়া (প্রঃ উঃ ও চাপে) পাওয়া যায়।

935·4 লিটার অ্যামিনিয়া পায়া যায় $\left\{\frac{935·4 \times 53·5}{22·4} = \right\}$ 2234·1 গ্রাম NH_4Cl হইতে।

প্রশ্নাবলী

1. What weight of NH_4Cl would be required to prepare 10 litres of Ammonia at N. T. P.? (Ans. 23·38. gms.)

2. What volume of Oxygen at 12°C and 780 m. m. will be required to burn all Hydrogen evolved by the action of dil. HCl on 25 gms. of Zinc (Zn = 65)? (Ans. 4·37 litres)

3. You are given a balloon with a capacity of thousand litres and you wish to fill it with Hydrogen at 30°C and 760 mm. pressure. How much Iron would you require for the purpose, Iron being treated with HCl acid? (Ans. 2222·75 gms.)

4. The air in a room was tested for CO_2 by drawing 100 litres of it at 15°C and 750 mm. through KOH. The increase in weight of KOH was 0·8 gm. What was p. c. by weight of CO_2 in the room? (Ans. 0·066%)

5. 100 gms. of KNO_3 are heated to redness, What volume of oxygen at 39°C and 765 m. m. pressure is evolved? (Ans. 12·59 litres)

6. What volume of Oxygen is obtained at 94·5°C and under 669 m. m. pressure from 91 gms. of $KClO_3$? (Gram mol. weight of any gas. occupies 22·4 litres) (Ans. 38 litres)

7. Find the volume of air measured at 20°C and 780 m. m. pressure that would be required for the complete combustion of 0·5 gm. of Sulphur. (1 litre of Hydrogen at N. T. P. weighs 0·09 gram) (Ans. 1·54 litres)

8. Given 100 gms. of chalk. how many litres of CO_2 can be obtained at 15°C and 740 m. m. pressure by dissolving the substance in an acid. (Ans. 24·269 litres)

9. Ten gms. of native sulphur when burnt in air produce 6 litres of SO_2 at N. T. P. Find out the p. c. of pure sulphur in the substance.

(Ans. 85·71%)

10. What weight of CuO will be reduced to Cu when the former is heated in a current of Hydrogen obtained by dissolving 4 gms. of Zinc completely in dilute sulphuric acid. Cu=63·5, Zn=65. (Ans. 4·89 gms.)

11. 18 gms. of Potassium amalgam are treated with excess of water and the gas evolved is collected. Find its volume at N. T. P. and at 26°C and 780 m. m. (Ans. 3·73 litres ; 3·98 litres.)

12. 880 c. c. of Hydrogen at 180°C and 765 m. m. are passed over heated Pb_3O_4. What is the weight of water formed ? (Ans. 0·2882 gm.)

13. Find the weight of 6 litres of Hydrogen at 82°F and 760 m. m. (Convert 82°F into Centigrade digrees) (Ans. 0·54 gm.)

14. Find the volume of Hydrogen at N. T. P. that will be produced by the action of 100 gms. of Na with excess of water. (Ans. 48·69 litres.)

15. 50 gms. of commercial zinc are treated with 20 c. c. of 10 p.c. (10 p.c. =10 gms. in 100 c. c.) HCl. Find the vol. of Hydrogen evolved at 27°C and 750 m. m. (Ans. 0·6834 litres.)

১৪৪। **আয়তন ও আয়তন সংক্রান্ত গণনা** (Calculations involving volume and volume) : গ্যাসের আয়তনের বিষয় যাহাতে আলোচিত হয় তাহাকে **গ্যাসমিতি** (Eudiometry) বলে। গ্যাসের আয়তন-মাপক যন্ত্রকে Eudiometer বলে।

$$H_2 \quad + \quad Cl_2 \quad = \quad 2HCl$$

এই সমীকরণ নিম্নলিখিত আয়তনিক সম্পর্ক নির্ণয় করে :—

(i) 1 আয়তন H + 1 আয়তন Cl = 2 আয়তন HCl

(ii) 22·4 লিটার H + 22·4 লিটার Cl = 2 × 22·4 লিটার HCl. (প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে)

(iii) 1 গ্রাম-অণু H + 1 গ্রাম-অণু Cl = 1 গ্রাম-অণু HCl.

(iv) 50 ঘঃ সেঃ মিঃ H + 50 ঘঃ সেঃ মিঃ Cl. = 100 ঘঃ সেঃ মিঃ HCl.

(উপরোক্ত সমস্ত আয়তন প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে মাপা হয়।)

(a) $H_2 \quad + \quad Cl_2 \quad = 2HCl.$

1 আয়তন 1 আয়তন 2 আয়তন

∴ আয়তন অপরিবর্তিত থাকে।

(b) $2CO + O_2 = 2CO_2$.

2 আয়তন 1 আয়তন 2 আয়তন।

∴ আয়তনের সংকোচন = 1 আয়তন।

(c) $CO_2 + C = 2CO$.

1 আয়তন কঠিন 2 আয়তন।

∴ আয়তনের প্রসারণ = 1 আয়তন।

কঠিনের ও তরলের কোন আয়তন ধরা হয় না।

অঙ্ক 1. How many litres of Carbon monoxide can be obtained from two litres of Carbon dioxide at the same temperature and pressure?

$$CO_2 + C = 2CO.$$

1 আয়তন 2 আয়তন।

∴ 2 লিটার CO_2 হইতে 4 লিটার CO পাওয়া যায়।

2. 15 c.c. of Oxygen are mixed with 50 c.c. of Hydrogen both measured at N. T. P. and exploded. What volume, if any of gas, will remain?

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O.$$

2 আয়তন 1 আয়তন।

∴ 2 ঘঃ সেঃ মিঃ হাইড্রোজেন 1 ঘঃ সেঃ মিঃ অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হয়।

∴ 30 ঘঃ সেঃ মিঃ হাইড্রোজেন 15 ঘঃ সেঃ মিঃ অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হয়।

সুতরাং (50-30) = 20 ঘঃ সেঃ মিঃ হাইড্রোজেন অপরিবর্তিত থাকে।

3. 200 c.c. of Carbon monoxide are mixed with 40 c.c. of Oxygen and exploded. If the resulting mixture is shaken with Caustic soda, what volume of the gas will remain and what gas will it be?

$$2CO \quad + \quad O_2 \quad = \quad 2CO_2.$$

1 আয়তন অক্সিজেন 2 আয়তন CO-এর সঙ্গে যুক্ত হইয়া 2 আয়তন CO_2 উৎপন্ন করে।

∴ 40 ঘঃ সেঃ মিঃ অক্সিজেন 80 ঘঃ সেঃ মিঃ CO-এর সহিত যুক্ত হইয়া 80 ঘঃ সেঃ মিঃ CO_2 উৎপন্ন করে। NaOH দ্বারা 80 ঘঃ সেঃ মিঃ CO_2 শোষিত হয়।

সুতরাং $(200-80)=120$ ঘঃ সেঃ মিঃ CO অবশিষ্ট থাকে।

4. **Half a litre of CO_2 is passed over red-hot carbon. The volume becomes 700 c c. Find the composition of the product assuming that all the gases are measured at N. T. P.**

$$\begin{array}{llll} CO_2 & + \quad C & = & 2CO. \\ \text{1 আয়তন} & & & \text{2 আয়তন।} \end{array}$$

CO_2 কয়লার উপর দিয়া প্রবাহিত হইলে CO হয় এবং আয়তন দ্বিগুণ হয়।

এই ক্ষেত্রে CO_2 আংশিক বিজারিত হইয়াছে কারণ সব CO_2 বিজারিত হইলে শেষ আয়তন 1 লিটার হইত।

মনে কর, x ঘঃ সেঃ মিঃ CO_2 বিজারিত হইয়াছে।

$\frac{1}{2}$ লিটার $=500$ ঘঃ সেঃ মিঃ

∴ $(500-x)$ ঘঃ সেঃ মিঃ CO_2 অপরিবর্তিত আছে।

∴ $2x=$ CO-এর আয়তন

$(500-x)+2x=700.$ ∴ $x=200$ ঘঃ সেঃ মিঃ।

সুতরাং যে গ্যাস অবশিষ্ট থাকে তাহাতে $(500-200)=300$ ঘঃ সেঃ মিঃ CO_2 ও $(2\times200)=400$ ঘঃ সেঃ মিঃ CO থাকে।

5. **10 c.c of a mixture of Nitrogen and Oxygen were mixed with 20 c.c. of Hydrogen and the mixture then exploded. The volume after explosion was found to be 21. c.c. (measured at the original temperature and pressure). Calculate the volumetric percentage of the mixture of O_2 and N_2. (All. 1912)**

N_2 ও O_2-এর মিশ্রণের আয়তন $= 10$ ঘ: সে: মি:
মিশ্রিত H_2-এর আয়তন $= 20$ „ „ „
বিস্ফোরণের পর মিশ্রণের আয়তন $= 21$ „ „ „
∴ আয়তনের সংকোচন $= (10 + 20 - 21) = 9$ „ „

হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের ক্রিয়ায় জল উৎপাদনে এই আয়তন সংকোচন হয়।

$$2H_2 \quad + \quad O_2 \quad = \quad 2H_2O \text{ (জল)}$$

2 আয়তন   1 আয়তন   আয়তনশূন্য

∴ আয়তন সংকোচন $= 3$ আয়তন।

∴ ব্যয়িত অক্সিজেনের আয়তন $=$ সংকুচিত আয়তনের $\frac{1}{3}$ ভাগ
∴ মিশ্রণে অক্সিজেনের ভাগ $= 9 \times \frac{1}{3} = 3$ ঘ: সে: মি: ∴ নাইট্রোজেনের ভাগ $(10 - 3) = 7$ ঘ: সে: মি:।

6. 20 c.c of a mixture of CH_4 (marsh gas) and H_2 is mixed with 30 c.c. of oxygen and exploded. On cooling the vol. becomes 15 c.c. and on treatment with KOH the vol. becomes 5 c.c., all measured at N. T. P. What weight of each gas did the original mixture contain? (Mad. 1920.)

মনে কর CH_4-এর আয়তন $= x$ ঘ: সে: মি:। H_2-এর আয়তন $= 20 - x$ ঘ: সে: মি:

KOH দ্বারা উৎপন্ন গ্যাস CO_2 শোষিত হয়।
∴ অব্যয়িত অক্সিজেনের আয়তন $= 5$ ঘ: সে: মি:
∴ ব্যয়িত অক্সিজেনের আয়তন $= (30 - 5) = 25$ ঘ: সে: মি:

$2H_2 + O_2 = 2H_2O$.......(ক)
2 আ: 1 আ:
$CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$.......(খ)
1 আ: 2 আ:

∴ $(20 - x)$ ঘ: সে: মি: H_2 $\left(\frac{20 - x}{2}\right)$ ঘ: সে: মি: O_2-এর সঙ্গে যুক্ত হয় এবং x ঘ: সে: মি: CH_4 $2x$ ঘ: সে: মি: O_2-এর সঙ্গে যুক্ত হয়।

∴ $2x+\frac{(20-x)}{2}=25$

বা $4x+20-x=50$ বা $x=10.$

CH_4-এর (প্রঃ উঃ ও চাঃ) আয়তন = 10 ঘঃ সেঃ মিঃ

H_2-এর (প্রঃ উঃ ও চাঃ) আয়তন = 10 ঘঃ সেঃ মিঃ

CH_4-এর আঃ ওজন = 16 ∴ ঘনাঙ্ক = $16 \div 2 = 8$

∴ CH_4-এর ওজন = $10 \times 8 \times 0{\cdot}00009 = 0{\cdot}0072$ গ্রাম

∴ H_2-এর ওজন = $10 \times 0{\cdot}00009 = 0{\cdot}0009$ গ্রাম।

প্রশ্নাবলী

1. What volume of CO can be obtained theoretically from 100 litres CO_2 at N. T. P. ? (Ans. 200 litres)

2. 40 c. c. of a mixture of CO and C_2H_2 gases were mixed with 100 c.c. of Oxygen in a eudiometer and fired. After cooling the residual gas occupied 104 c. c. and after treatment with potash the residual gas occupied 48 c.c. Find the composition of original mixture.

$$(2C_2H_2+5O_2=4CO_2+2H_2O)$$

(Ans. CO = 60% ; C_2H_2 = 40%)

3. How many litres of water-gas (mixture of CO and H_2) are obtained from 100 litres of steam ? ($H_2O+C=CO+H_2$) (Ans. 200 litres)

4. Air contains 20% Oxygen by volume. How much volume of air is required to produce 1000 litres of Sulphur dioxide ? ($S+O_2=SO_2$).

(Ans. 1000 litres of O_2)

5. What would be the volume of the mixture of gases produced when 20 c. c. of methane (CH_4) is exploded with 100 c. c. of Oxygen at constant temperature and pressure ? (Ans. 80 c. c.)

6. 800 c. c. of CO_2 at N. T. P. when passed over redhot coke is changed into 1300 c.c. of mixed gases. What are volumes of each ingredient of the mixture ? (Ans. CO—1000 c.c. CO_2—300 c. c.)

7. 60 c. c. of a mixture of N_2O and NO are mixed with equal volume of Hydrogen and exploded with electric spark. 38 c. c. of Pure Nitrogen are left behind, What volume of each gas are in the mixture ?

Ans. ($N_2O+H_2=H_2O+N_2$).

($2NO+2H_2=2H_2O+N_2$)

Ans. NO = 44 c.c.

N_2O = 16 c. c.

8. 70 c. c. of CO are mixed with 28 c. c. of Oxygen and exploded. If the resulting mixture is shaken with caustic soda, what volume of gas will remain and what gas will it be ? (Ans. 14 c. c. of CO.)

9. A sample of coal gas contains 45% H, 30% CH_4, 20% CO, 5% C_2H_2- 100 vols. of it were mixed with 160 vols of Oxygen and exploded. Calculate the vol. and composition of the resulting mixture (all being dry gases.).

10. 25 c. c. of a mixture of gases consisting of Nitrogen and Nitric Oxide is passed over ignited metallic Copper and the resulting product collected and found to occupy 20 c. c. Ascertain composition of the original mixture measured at N. T. P.

11. Assuming air to contain 21% by volume of Oxygen what volume of air at 27°C and 755 m. m. will be required for the complete combustion of one litre of each of the following gases at the same temperature and pressure ? (a) Hydrogen. (b) Methane. (c) Carbon monoxide.

(Ans. (a) 2·38 litres. (b) 9·52 litres, (c) 2·38 litres.)

12. 80 c. c. of mixture of CH_4, H_2 and O_2 are exploded over mercury : a contraction of 55 c. c. results ; KOH absorbs 20 c. c. more. Find out the composition of the mixture before explosion.

(Ans. CH_4 = 20 c. c. ; H_2 = 10 c. c. ; O_2 = 50 c. c.)

13. 50 vols. of a gas mixed with 70 vols. of O_2 give after explosion 50 vols. of CO_2 and after absorption by KOH 45 vols. of Oxygen are left. What is the gas ? (Ans. CO.)

14. What volume of Nitrogen at 20°C and 740 m. m. will be obtained by the action of NH_3 on 300 c. c. of chlorine at 15°C and 735 m. m. ?

(Ans. 99·70 c. c.)

চতুর্দশ অধ্যায়

[**Course Content :** Chlorine and its compounds : (i) (a) Sodium Chloride. Preparation and properties of hydrogen chloride ; Volumetric composition. D. Apparatus for showing composition of the gas. Chlorides. (b) Chlorine—its production by the oxidation of hydrochloric acid, and by electrolysis of the acid and chlorides ; properties. Only the chemistry of Weldon's and Deacon's processes required. (c) Bleaching powder : Only preparation, use and formula (without discussion.) (d) Fluorine, bromine, iodine as other members of halogen family.

Use of hydrofluoric acid, iodine in medicine. D—etching of glass.]

ক্লোরিন ও ইহার যৌগ

(Chlorine and its compounds)

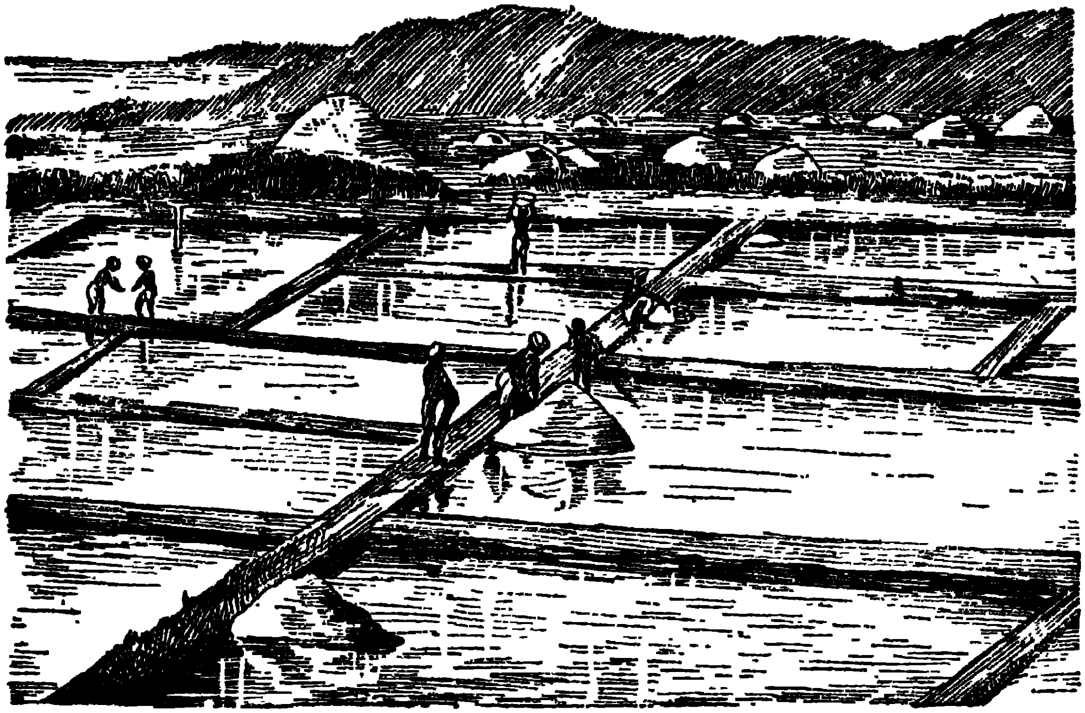
১৪৫। সোডিয়াম ক্লোরাইড (Sodium Chloride)

সোডিয়াম ক্লোরাইডকে আমরা খাদ্য-লবণ (Table salt) বা সাধারণ লবণ বলি। আমাদের খাদ্যের ইহা একটি অপরিহার্য উপাদান। প্রত্যেক বয়স্ক মানুষ বৎসরে প্রায় 30 পাউণ্ড লবণ খাদ্যের সঙ্গে গ্রহণ করে।

সমুদ্রজলে প্রায় শতকরা তিন ভাগ সাধারণ লবণ থাকে। অনেক দেশে যথা ইংলণ্ডে, জার্মানিতে, অস্ট্রিয়ায় ও পোল্যাণ্ডে বিশাল লবণের খনি আছে। অনেক স্থলে লবণ-হ্রদের অংশ বিশেষ শুষ্ক হইয়া খনির উৎপত্তি হইয়াছে। গ্যালিসিয়ায় 1200 ফিট প্রশস্ত এবং 1000 বর্গমাইলব্যাপী একটি লবণ খনি আছে। খনিজ লবণকে পাথুরে লবণ (Rock Salt) বলে।

১৪৬। সোডিয়াম ক্লোরাইডের নিষ্কাশন : (ক) সমুদ্র-জল হইতে : গ্রীষ্মপ্রধান দেশে সমুদ্রের ধারে অগভীর পুকুর (salterns বা meadows) কাটিয়া উহা সমুদ্রজলে ভর্তি করিয়া সূর্যতাপ ও সমুদ্রের বায়ুপ্রবাহে ঐ জলকে বাষ্পীভূত করা হয়। দ্রবণ গাঢ় হইলে সোডিয়াম ক্লোরাইডের স্ফটিক বাহির হইয়া পড়ে। উহাদিগকে ঝাঝ্‌রা দিয়া পৃথক করা হয়। শীতপ্রধান দেশে সূর্যতাপের স্বল্পতাহেতু সমুদ্রজলকে সূর্যতাপে গাঢ় করা কঠিন। সেইজন্য শৈত্য প্রয়োগে সমুদ্রজলকে আংশিক জমাইয়া (freeze) বরফে পরিবর্তিত করিয়া

জলকে পৃথক করা হয়। গাঢ় দ্রবণকে আগুনে বাষ্পীভূত করা হয়। সংপৃক্ত দ্রবণ হইতে লবণ কেলাসিত হয়। লবণ কেলাসিত হইবার পর যে শেষ দ্রব (mother liquor) পড়িয়া থাকে তাহাকে **বিটার্ণ** (Bitterns) বলে। ইহাতে ম্যাগনেসিয়াম ব্রোমাইড লবণ থাকে।



৬৬নং চিত্র—সমুদ্র জল হইতে লবণ প্রস্তুতি।

যে সব জায়গার সমুদ্রের ধারে প্রাকৃতিক বায়ুপ্রবাহ যথেষ্ট পরিমাণ থাকে সেই সব জায়গায় উচ্চস্থানে সমুদ্র-জল পাম্প করিয়া তোলা হয়। সেই জলকে ডালপালার ভিতর দিয়া পড়িতে দেওয়া হয়। বায়ুপ্রবাহে জল বাষ্পীভূত হয়। পাতার উপর লবণ কেলাসিত হয়।

(খ) খনি হইতে: অনেক খনি হইতে লবণের চাঙ (block) উত্তোলন করা হয়। আবার অনেক খনির ভিতর গভীর গর্ত খনন করিয়া পাম্পের সাহায্যে জল ঢালিয়া দেওয়া হয়। জল লবণকে দ্রবীভূত করে। পরে লবণের গাঢ় দ্রবণকে পাম্প দিয়া উপরে তুলিয়া চওড়া কড়াই-এ (pan) বাষ্পীভূত করিলে লবণ পাওয়া যায়। অনেক কারখানায় কম চাপে (under reduced pressure) লবণের দ্রবণকে বাষ্পীভূত করা হয়। কতকগুলি লোহার বয়লারে কুণ্ডলী-নলের মধ্য দিয়া স্টীম প্রবেশ করানো হয়। বাষ্পীভবন যত ধীরে ধীরে হয় তত লবণের কেলাসগুলি বড় হয়।

ভারতে খাদ্যলবণের অধিকাংশই সমুদ্রজল হইতে প্রস্তুত করা হয়। কিছু খনিজ লবণ খেওড়া ও কলাবাগের লবণ-খনি হইতে প্রস্তুত হয়।

১৪৭। **বিশুদ্ধ NaCl ঃ** (ক) বিশুদ্ধ সোডিয়ামকে বিশুদ্ধ ক্লোরিন গ্যাসে গরম করিলে বিশুদ্ধ NaCl পাওয়া যায়। $2Na+Cl_2=2NaCl$. (খ) বাজারের NaCl-এর পরিস্রুত সংপৃক্ত দ্রবণের মধ্যে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের গ্যাস অতিক্রম করাইলে বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইড স্ফটিক অধঃক্ষিপ্ত হয়। $CaCl_2$ ও $MgCl_2$ অশুদ্ধিগুলি দ্রবণে থাকিয়া যায়। ইহাকে পরিস্রাবণ করিলে ফিল্টার কাগজে যে অবশেষ থাকে সেই অবশেষকে (residue) বিশুদ্ধ গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দিয়া ধৌত করিয়া প্লাটিনাম খর্পরে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইড পাওয়া যায়॥

১৪৮। **ধর্ম ঃ** বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইড বর্ণহীন, স্ফটিকাকার পদার্থ। ইহা 813°C-এ গলে। বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইড উদ্‌গ্রাহী নয় কিন্তু সাধারণ খাদ্য-লবণে অশুদ্ধি $MgCl_2$. $CaCl_2$, $MgSO_4$, $CaSO_4$ থাকে বলিয়া ইহা জল আকর্ষণ করে। সোডিয়াম ক্লোরাইড জলে অত্যন্ত দ্রবণীয়। সিলভার নাইট্রেট সোডিয়াম ক্লোরাইডের সঙ্গে ক্রিয়া করিলে সিলভার ক্লোরাইডের শ্বেত অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।

$$AgNO_3+NaCl=AgCl+NaNO_3.$$

H_2SO_4 ও NaCl-এর মিশ্রণকে উত্তপ্ত করিলে HCl উৎপন্ন হয়।

$$2NaCl+H_2SO_4=Na_2SO_4+2HCl$$

১৪৯। **ব্যবহার ঃ** (i) সোডিয়াম ক্লোরাইড খাদ্যে এবং নানা শিল্পে ব্যবহৃত হয়। ইহা খাদ্য সংরক্ষণে ব্যবহৃত হয়। (ii) ইহা শীতপ্রধান দেশের রাস্তায় বরফ গলাইতে ব্যবহৃত হয় কারণ বরফের উপর লবণ ছড়াইয়া দিলে বরফের হিমাঙ্ক কমিয়া যায়। (iii) সোডিয়াম ক্লোরাইড হইতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, কস্টিক সোডা, সোডিয়াম কারবনেট, সোডিয়াম সাল্‌ফেট প্রভৃতি সোডিয়ামের প্রয়োজনীয় লবণ এবং সোডিয়াম ও ক্লোরিন উৎপন্ন হয়। সোডিয়াম ক্লোরাইড সস্তা বলিয়া এই সকল দ্রব্য উৎপাদনে খরচ কম হয়। মৃৎপাত্রকে উজ্জ্বল প্রলেপ (glaze) দিতে সোডিয়াম ক্লোরাইড ব্যবহৃত হয়।

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (Hydrochloric Acid) বা হাইড্রোজেন ক্লোরাইড (Hydrogen Chloride)

সংকেত HCl আঃ গুঃ 36·5 ঘনাঙ্ক 18·25

১৫০। **অবস্থান:** হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন একটি মাত্র যৌগ গঠন করে। ইহার নাম হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড। আগ্নেয়গিরির অগ্ন্যুৎপাতে উদ্ভূত গ্যাসে, আন্ত্রিক (Gastric) রসে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। সামুদ্রিক লবণ হইতে অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায় বলিয়া প্রিস্টলী ইহাকে **মিউরিয়েটিক** (muriatic) **অ্যাসিড** নাম দেন। ডেভি প্রমাণ করেন যে ইহা হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের যৌগিক পদার্থ। ইহার লবণ প্রকৃতিতে প্রচুর পাওয়া যায়।

১৫১। **প্রস্তুত-প্রণালী:** (i) সমায়তন হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন গ্যাসের মিশ্রণকে উজ্জ্বল সূর্যালোকে বা জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়াম-আলোকে ধরিলে কিংবা ক্লোরিন গ্যাস-জারে জ্বলন্ত হাইড্রোজেন শিখা প্রবে[illegible] করাইয়া দিলে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

(ii) **পরীক্ষাগার প্রণালী: নীতি:** সাধারণ লবণকে (NaCl) গাঢ় সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড দিয়া উত্তপ্ত করিলে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

(i) $NaCl + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HCl$ (150°-200° উষ্ণতায়)

(ii) $NaHSO_4 + NaCl = Na_2SO_4 + HCl$ (500°C উষ্ণতায়)

পরীক্ষাগারে সামান্য তাপে প্রথমোক্ত ক্রিয়া ঘটে।

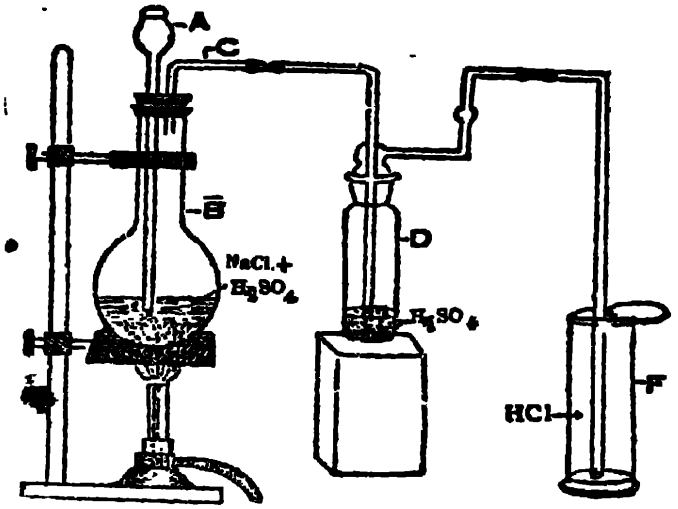
সালফিউরিক অ্যাসিড কম উদ্বায়ী বলিয়া অধিক উদ্বায়ী হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে লবণ হইতে প্রতিস্থাপিত করে।

প্রক্রিয়া: দীর্ঘনল ফানেল A ও নির্গমনল C-যুক্ত B ফ্লাস্কে সাধারণ লবণ লও। A ফানেল দিয়া প্রায়* গাঢ় H_2SO_4 অ্যাসিড ঢাল যাহাতে ফানেলের শেষ প্রান্ত অ্যাসিডে ডুবিয়া থাকে। ফ্লাস্ককে তারজালির উপর রাখিয়া বুনসেন দীপ দ্বারা সামান্য তাপ দাও। উত্থিত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসকে গাঢ় H_2SO_4-ভরা দ্বিমুখ D বোতলের মধ্য দিয়া লইয়া শুষ্ক করিয়া হয় পারদের উপর, না-হয় বায়ুর ঊর্ধ্ব অপসারণ দ্বারা F গ্যাস-জারে ভর্তি কর। এই গ্যাস বায়ু অপেক্ষা ভারী বলিয়া ইহাকে বায়ুর ঊর্ধ্ব অপসারণ দ্বারা সংগৃহীত করা হয়। জলে অত্যন্ত দ্রাব্য বলিয়া জল অপসারণ দ্বারা ইহা সংগৃহীত হয় না। গ্যাসজারের মুখে অ্যামোনিয়া

---

* Partington বলেন: "Common salt is placed in the flask and is covered with dilute H_2SO_4."

দ্রবণসিক্ত কাচদণ্ড ধরিলে NH_4Cl-এর সাদা ধোঁয়া উৎপন্ন হইলে বুঝিবে গ্যাসজার HCl গ্যাসে ভর্তি হইয়াছে।

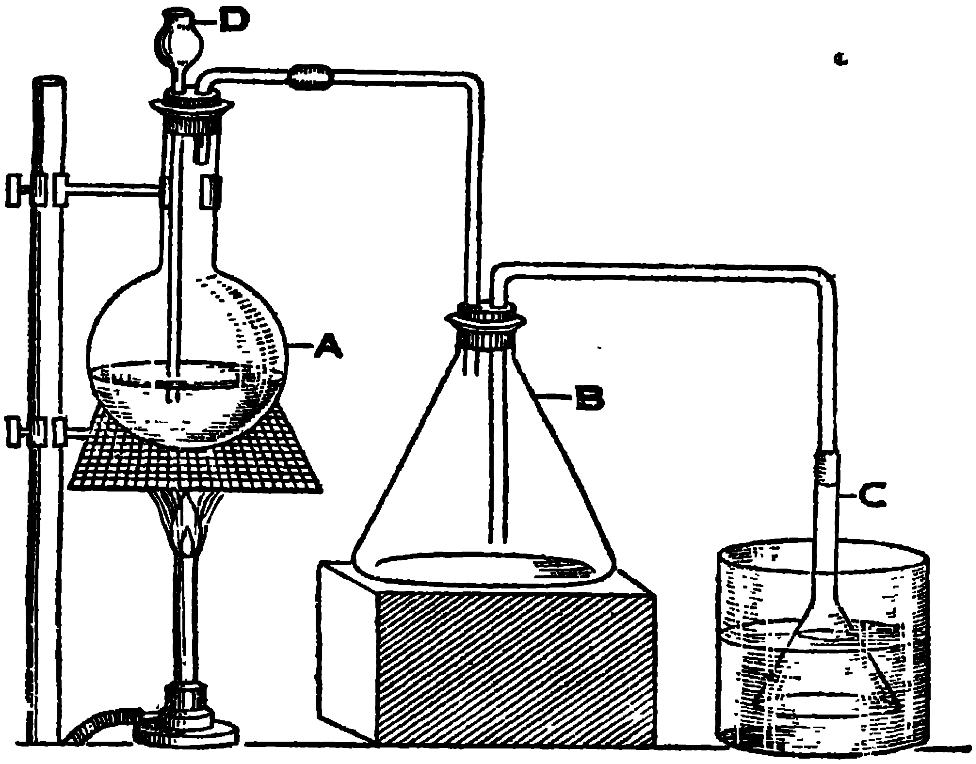


৬৭নং চিত্র—HCl উৎপাদন।

(iii) **HCl গ্যাসের জলীয় দ্রবণ ঃ** HCl গ্যাসকে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড ও জলে HCl-এর দ্রবণকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বলে। উপরোক্ত পদ্ধতিতে প্রস্তুত গ্যাসকে বীকারে জলের মধ্যে অনেকক্ষণ চালনা করিয়া দ্রবীভূত করিলে আমরা গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড পাই।

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড প্রস্তুতের ফ্লাস্কের নির্গম-নলের শেষে একটা উল্টা C ফানেল যোগ করিয়া উহার মুখ জলের মধ্যে ডুবানো থাকে। হাইড্রোজেন ক্লোরাইড জলে খুব দ্রাব্য। গ্যাসটি যে গতিতে উৎপন্ন হয় তদপেক্ষা দ্রুতগতিতে ইহা জলে দ্রবীভূত হয়, সুতরাং যন্ত্রে গ্যাসের চাপ হ্রাস পাওয়ায় ঠাণ্ডা জল নল বাহিয়া উক্ত A ফ্লাস্কে চলিয়া যাইতে পারে। ইহার ফলে ফ্লাস্ক বিস্ফোরণ সহকারে ফাটিয়া যাইতে পারে। উল্টানো ফানেল থাকিলে জল C নলে সামান্য দূর পর্যন্ত উঠিলেও A ফ্লাস্কে যাইবার পূর্বে উদ্ভূত গ্যাসের চাপে আবার নামিয়া আসে। আরো অধিক সতর্কতা অবলম্বন করিবার জন্য মধ্যস্থলে একটি খালি B ফ্লাস্ক রাখা হয়। B ফ্লাস্কের মুখে কর্ক লাগাইয়া A ফ্লাস্ক হইতে বহির্গত নির্গম-নলটি সামান্য ভিতরে প্রবেশ করানো হয়। আবার B ফ্লাস্কের মুখে দুইবার সমকোণে বাঁকানো একটি নির্গম নল লাগাও যাহাতে উহার শেষ প্রান্ত প্রায় ফ্লাস্কের তলদেশে পৌছায়। এই নির্গম-নলের অপর প্রান্তে উল্টান ফানেল লাগানো থাকে। যদিও কোন প্রকারে জল নলে

উঠিয়া পড়ে তবে ইহা সোজাসুজি গরম ফ্লাস্কে না যাইয়া শীতল খালি B ফ্লাস্কে যায়। এই ব্যবস্থাকে Anti-Suction কৌশল বলে।



১৮নং চিত্র—Antic-Suction কৌশল

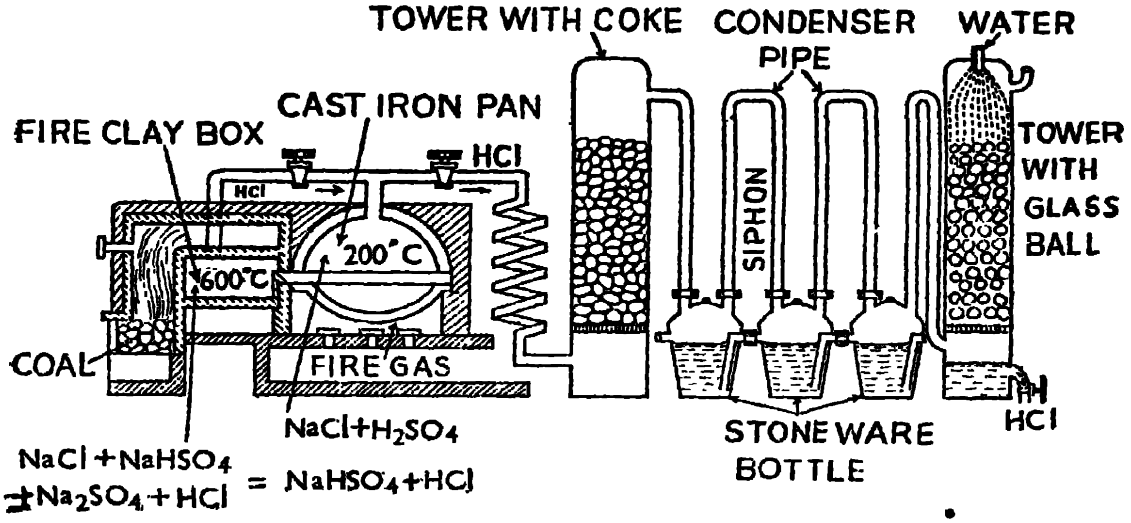
(vi) **বিশুদ্ধ HCl গ্যাস :** সিলিকন টেট্রাক্লোরাইড ও জলের ক্রিয়ায় বিশুদ্ধ HCl গ্যাস পাওয়া যায়। উদ্ভূত গ্যাসকে পারদের উপর দিয়া অতিক্রম করাইলে HCl গ্যাস ক্লোরিন মুক্ত হয়। ইহাকে ফসফরাস পেন্টোক্সাইড দ্বারা শুষ্ক করা হয়। $SiCl_4+2H_2O=SiO_2+4HCl$.

১৫৩। **পণ্যোৎপাদন** (Manufacture) **:** লেব্লাঙ্ক (Leblanc) পদ্ধতিতে সোডিয়াম কারবনেট উৎপাদনের উপজাত (bye-product) হিসাবে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস পাওয়া যায় (৯৯ অনুচ্ছেদ দেখ)। NaCl ও H_2SO_4-এর মিশ্রণকে প্রথম পর্যায়ে ঢালাই লোহার কড়াইতে (cast iron pan) উত্তপ্ত গ্যাস দ্বারা 200°C উষ্ণতায়, দ্বিতীয় পর্যায়ে অগ্নিসহ মৃত্তিকার (fire-clay) বাক্সে $NaHSO_4$-এর সঙ্গে আরও লবণ মিশ্রিত করিয়া কয়লার (coal) চুল্লীর আগুনে 600°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয়। কয়লার আগুনের উত্তপ্ত গ্যাস প্রথম চুল্লীকে উত্তপ্ত করে। দুইটি পাত্রের উপর পাথর বা অগ্নিসহ মৃত্তিকার ঢাকনি আছে এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বাষ্প-নির্গমনের জন্য

পাথর বা মাটির নির্গম-নল থাকে, কারণ ধাতব নল অ্যাসিডের বাষ্প দ্বারা আক্রান্ত হয় ; $NaCl+H_2SO_4=NaHSO_4+HCl$.

এই $NaHSO_4$ ও অবশিষ্ট লবণকে চাঁচিয়া (raked) পার্শ্বের বাক্সে স্থানান্তরিত করা হয় ; $NaHSO_4+NaCl=Na_2SO_4+HCl$.

দুই চুল্লী হইতে নির্গত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস পরপর কুণ্ডলী নলের মধ্য দিয়া অতিক্রম করে। ইহাতে গ্যাস শীতল হয়। তৎপরে গ্যাস কোকপূর্ণ স্তম্ভ (tower with coke) অতিক্রম করে। ইহার ফলে গ্যাস ভাসমান ধূলিকণা প্রভৃতি হইতে মুক্ত হয় এবং পরিস্রুত হয়। তৎপরে এই গ্যাস পর পর কতকগুলি আংশিক জলপূর্ণ পাথরের (stoneware) বোতলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হয়। এই জল ধীরে ধীরে সাইফন (siphon) ক্রিয়ায় এক বোতল হইতে **পূর্ব্ববর্ত্তী** বোতলে আপনা-আপনি প্রবাহিত হয় এবং অন্যদিকে গ্যাস একটি বোতল হইতে দীর্ঘ নল দিয়া **পরবর্ত্তী** বোতলে প্রবাহিত হয়। জল ও গ্যাসের বিপরীত প্রবাহ (counter current) জলে মিলিত হয় এবং উপযুক্ত পরিমাণ গ্যাস জলে দ্রবীভূত হইলে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। গ্যাসের জলে দ্রবীভূত হইতে সাহায্য করিবার জন্য বোতলগুলি শীতল জলে ডুবানো থাকে। কারণ এই গ্যাস জলে দ্রবীভূত হইলে খুব তাপ উদ্ভূত হয়। গ্যাস সর্বশেষ বোতল হইতে একটি স্তম্ভে প্রবেশ করে। ইহা কাচের বল দ্বারা ভর্তি থাকে। এই স্তম্ভে উপর হইতে জল-ধারা প্রবাহিত হয়। যে গ্যাস বোতলের জলে দ্রবীভূত না হয় তাহা এই স্তম্ভের জলধারায় দ্রবীভূত হয়।



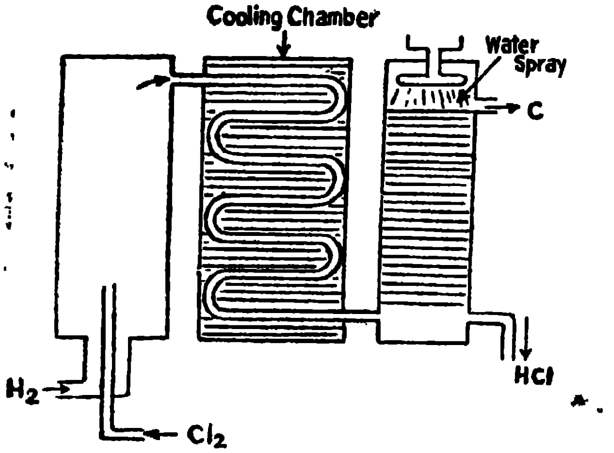
৬৯নং চিত্র—হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের পণ্যোৎপাদন

এই দ্রবণই বাজারে বিক্রয় করা হয়। এই দ্রবণে 28% অ্যাসিড থাকে এবং ইহার ঘনাঙ্ক 1·14। এই অ্যাসিডে সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড, সালফার ডাই-অক্সাইড, হাইড্রোজেন সালফাইড, আর্সেনিক অক্সাইড, ফেরিক ক্লোরাইড প্রভৃতি অশুদ্ধি থাকে। ফেরিক ক্লোরাইড মিশ্রিত থাকার জন্য বাজারের হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বর্ণ হলদে হয়। এই অশুদ্ধ অ্যাসিডকে স্ট্যানিক ক্লোরাইড, বেরিয়াম ক্লোরাইড ও তামার ছিবড়ে মিশাইয়া ফুটাইলে যথাক্রমে আর্সেনিক অক্সাইড, সালফিউরিক অ্যাসিড, ফেরিক ক্লোরাইড দূরীভূত হয়।

আধুনিক সাংশ্লেষিক (Synthetic) পদ্ধতি ঃ সোডিয়াম ক্লোরাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণে সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড উৎপন্ন হয় এবং উপজাত হিসাবে ক্লোরিন ও হাইড্রোজেন পাওয়া যায়। এই ক্লোরিন ও হাইড্রোজেনের সম আয়তন মিশ্রণকে সিলিকা-ইষ্টকে-নির্মিত প্রকোষ্ঠে দহন করিলে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$Cl_2 + H_2 = 2HCl.$$

এই গ্যাসকে জলে নিমজ্জিত কুণ্ডলী নলে প্রবাহিত করাইয়া শীতল করিয়া শোষক-স্তম্ভে জলধারায় শোষণ করা হয়। এই অ্যাসিড খুব বিশুদ্ধ। যে সকল দেশে সস্তায় বিদ্যুৎ সরবরাহ হয়, সেই সব দেশে এই পদ্ধতিতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।



৭০নং চিত্র—HCl-এর পণ্যোৎপাদন

১৪৫। **ধর্ম ঃ ভৌত ঃ** (i) হাইড্রোজেন ক্লোরাইড বর্ণহীন, শ্বাসরোধী, ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত স্থায়ী গ্যাস।

(ii) ইহা বায়ু অপেক্ষা ভারী।

(iii) **জলে দ্রাব্যতা ঃ** ইহা জলে খুব দ্রাব্য। 0°C উষ্ণতায় এক ঘন সেন্টিমিটার জলে প্রায় 408 ঘন সেন্টিমিটার গ্যাস দ্রবীভূত হয়।

ফোয়ারা পরীক্ষা ঃ অ্যামোনিয়ার মত (১ম খণ্ড ২৬৮ পৃঃ) একটি ফ্লাস্ক HCl গ্যাসে পূর্ণ কর। ফ্লাস্ককে উল্টাইয়া ফ্লাস্কের মুখের কাচনলকে বীকারে নীল লিটমাস দ্রবণে ডুবাও। প্যাঁচকল খুলিয়া দাও এবং ফ্লাস্কের

উপর ঈথার ঢাল। নীল লিট্‌মাস ফোয়ারার আকারে ফ্লাস্কের মধ্যে উঠিয়া লাল হয়।

(iv) **হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের পাতন:** 500 আয়তন জল 0°Cতে 42% HCl অ্যাসিডে সংপৃক্ত হয়। বাজারের ঘন অ্যাসিডে 40% বিশুদ্ধ HCl থাকে। ইহার আপেক্ষিক ঘনত্ব=1·20। গাঢ় HCl দ্রবণ পাতিত করিলে প্রথমে HCl গ্যাস বাষ্পীভূত হয়। দ্রবণটি পাতলা হয়। আবার পাতলা HCl দ্রবণ পাতিত করিলে প্রথমে জল বাষ্পীভূত হয়। দ্রবণটি গাঢ় হয়। উভয় ক্ষেত্রেই 760 মিঃ মিঃ বায়ুর চাপে উষ্ণতা 110°Cতে পৌছিলে 20·24% (তৌলিক by wt.) অ্যাসিড-যুক্ত দ্রবণ সমগ্রভাবেই একই অবস্থায় পাতিত হয়। দ্রবণের সংযুক্তির একটুও পরিবর্তন হয় না। এই দ্রবণকে নিত্য স্ফুটনাঙ্ক দ্রবণ (Constant boiling mixture or eutectic solution) বলে।

(v) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড আর্দ্র বায়ুতে সাদা ধোঁয়া (fumes) ছাড়ে। এই ধোঁয়া জলীয় বাষ্পের গ্যাসের দ্রবণের ক্ষুদ্র কণা।

(vi) ইহা সহজে তরল হয়, স্ফুটনাঙ্ক—85°C। ইহাকে তরল বায়ুতে নিমজ্জিত নলে অতিক্রম করাইলে কঠিন হয়। কঠিনের গলনাঙ্ক—111·4°C।

(vii) ইহা কোহলে ও অ্যাসেটিক অ্যাসিডে দ্রাব্য।

রাসায়নিক: (i) **ইহা অদাহ্য ও দহনের সহায়ক নহে:** একটি HCl গ্যাস-পূর্ণ জারে একটি জলন্ত বাতি প্রবেশ করাও। গ্যাসও জলে না, বাতিও নিবিয়া যায়।

(ii) ইহা NH_3-এর সহিত যুক্ত হইয়া NH_4Cl-এর ঘন সাদা ধোঁয়া উৎপন্ন করে।

পরীক্ষা: একটি কাচদণ্ড অ্যামোনিয়াম হাইড্রোক্সাইড বোতলে ডুবাইয়া HCl গ্যাস-পূর্ণ জারে প্রবেশ করাও। কাচদণ্ড হইতে ঘন ধোঁয়া উৎপন্ন হয়।

(iii) ইহা জলে বিশ্লিষ্ট হইয়া H^+ ও Cl^- আয়ন দেয়। $HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$। ইহা এক ক্ষারীয় (monobasic) অ্যাসিড। দ্রবণ নীল লিটমাসকে লাল করে। জলীয় দ্রবণ তড়িৎ-পরিবাহী।

(iv) **ধাতুর উপর ক্রিয়া:** অ্যাসিডের ধর্মানুযায়ী এই অ্যাসিড Na, Zn, Fe, Mg, Al প্রভৃতি ধাতুকে দ্রবীভূত করে এবং H_2 ও ধাতব নিম্ন

(আস) ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়; $Zn+2HCl=ZnCl_2+H_2$; $Fe+2HCl=FeCl_2+H_2$. এই ক্রিয়ায় HCl-তে হাইড্রোজেনের অস্তিত্ব প্রমাণ করে।

অনেক ধাতু HCl গ্যাসের সহিত ক্রিয়া করিয়া অনার্দ্র ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। উত্তপ্ত Al-এর উপর দিয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড অতিক্রম করাইলে অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হইয়া উর্ধ্ব পাতিত হয়। Ag, Au, Pt, Hg জলীয় HCl দ্রব বা HCl গ্যাস দ্বারা আক্রান্ত হয় না, Cu ও Pb গাঢ় ও উষ্ণ HCl দ্বারা দ্রবীভূত হয়।

অক্সিজেন ও অ্যাসিডের একত্র সমাবেশে সিলভার আক্রান্ত হয়।

$$4Ag+4HCl+O_2=4AgCl+2H_2O.$$

অ্যাসিডের ধর্মানুযায়ী HCl ধাতব অক্সাইড ও হাইড্রোক্সাইডকে দ্রবীভূত করে এবং ক্লোরাইড ও জল উৎপন্ন হয়; ইহা কারবোনেটকে বিশ্লিষ্ট করিয়া CO_2 উৎপন্ন করে।

$$CuO+2HCl=CuCl_2+H_2O.$$

$$HCl+NaOH=NaCl+H_2O.$$

$$2HCl+Na_2CO_3=2NaCl+H_2O+CO_2.$$

$$CaCO_3+2HCl=CaCl_2+H_2O+CO_2.$$

দ্রষ্টব্য: শুষ্ক তরল HCl বা শুষ্ক গ্যাস নীল লিটমাসকে লাল করে না, তরল HCl অক্সাইডকে দ্রবীভূত করে না (Al ব্যতীত)।

(v) ইহা জারক দ্রব্য (MnO_2, $KMnO_4$, $K_2Cr_2O_7$) দ্বারা জারিত হয় এবং Cl_2 গ্যাস উদ্ভূত হয়।

$$MnO_2+4HCl=MnCl_2+Cl_2+2H_2O.$$

$$2KMnO_4+16HCl=2KCl+2MnCl_2+8H_2O+5Cl_2$$

(vi) গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের মিশ্রণকে **অম্লরাজ** (Agua regia) বলে। ইহাতে সোনা ও প্লাটিনাম দ্রবীভূত হয়।

১৫৫। HCl-এর পরীক্ষা: (i) HCl গ্যাস NH_3-এর সঙ্গে মিশ্রিত করিলে NH_4Cl-এর ঘন সাদা ধোঁয়া উৎপন্ন হয়।

(ii) $AgNO_3$-এর দ্রবকে HCl-এর দ্রবে বা যে-কোন ক্লোরাইডের দ্রবে দিলে AgCl-এর সাদা থকথকে অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।

এই অধঃক্ষেপ NH_4OHতে দ্রাব্য কিন্তু গাঢ় HNO_3তে অদ্রাব্য।

$$AgNO_3 + HCl = HNO_3 + AgCl.$$

(iii) MnO_2 ও HCl-এর মিশ্রণকে উত্তপ্ত করিলে ক্লোরিন উদ্ভূত হয়। ক্লোরিনের বর্ণ ও গন্ধ দ্বারা সহজেই ইহাকে চেনা যায়। এই পরীক্ষায় HClতে ক্লোরিনের অস্তিত্ব প্রমাণ করে।

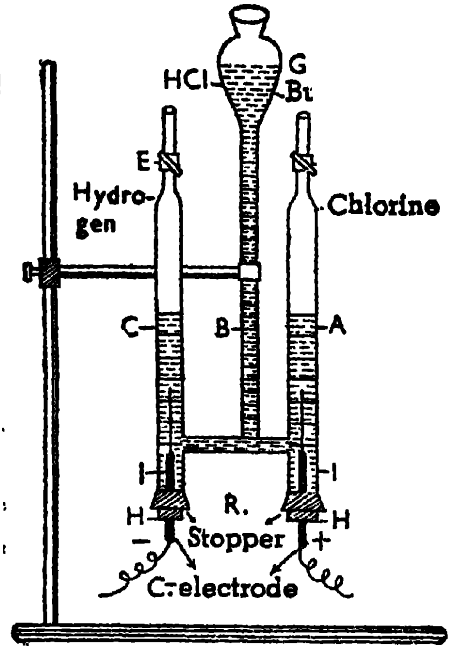
১৫৬। **হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ব্যবহার :** H_2SO_4-এর পরই শিল্পে HCl প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। ইহা পরীক্ষাগারে বিকারকরূপে, ক্লোরিন ও ক্লোরাইড উৎপাদনে, রঞ্জন শিল্পে, রং ও ফস্‌ফেট উৎপাদনে, গ্লুকোজ, সিরাপ, গ্লু্র আঠা প্রস্তুতে, টিনকে গ্যালভানাইজ করিবার জন্য এবং ঔষধে ব্যবহৃত হয়।

১৫৭। **হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের আয়তনিক সংযুতি :** হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের আয়তনিক সংযুতি দুই প্রকারে নির্ধারিত হয়,—(১) **বৈশ্লেষিক** (Analytical) **পদ্ধতি :** (২) **সাংশ্লেষিক পদ্ধতি** (Synthetic) :

(১) **বৈশ্লেষিক** (Analytical) **পদ্ধতি :** (ক) **হফ্‌ম্যান** (Hoffman) **পদ্ধতি : নীতি :** গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণ তড়িৎ দ্বারা বিশ্লিষ্ট হইলে ধনাত্মক মেরুতে ক্লোরিন গ্যাস ও ঋণাত্মক মেরুতে হাইড্রোজেন গ্যাস সমআয়তনে উৎপন্ন হয়। (পাতলা HCl দ্রবণ তড়িৎ-বিশ্লেষণে H_2 ও O_2 দেয়।)

✓ **পরীক্ষা :** (i) এই যন্ত্রে তিনটি পরস্পর যুক্ত কাচের বাহু (limbs) A, B, C থাকে। ইহাকে **ভল্টামিটার** (Voltameter) বলে। (ii) পাশের দুই বাহু অংশাঙ্কিত। ইহারা পরস্পর সমান। ইহাদের উপর মুখে দুইটি E E স্টপ-কক থাকে। নীচের মুখে H রবার-ছিপির মধ্য দিয়া দুইটি I কারবন (কারণ প্লাটিনাম বা অন্য ধাতু ক্লোরিন দ্বারা আক্রান্ত হয়) তড়িৎ-দ্বার (C-electrode) প্রবেশ করানো থাকে। এই দুই বাহুতে গ্যাস জমে। (iii) মধ্য বাহুর উপরে একটি বাল্‌ব G থাকে। ইহাতে গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের দ্রবণ ঢালিলে ইহা দুই পার্শ্বের দুই বাহুতে সঞ্চিত হয়। (iv). পার্শ্বের দুই বাহুর স্টপ-কক খুলিয়া G বাল্‌বে গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের দ্রবণ ঢাল যাহাতে দুই বাহু সম্পূর্ণরূপে ইহাতে ভর্তি হয় এবং মধ্য বাহুতে যথেষ্ট অ্যাসিড থাকে। C ও A বাহুদ্বয় অ্যাসিড ভর্তি হইলে

স্টপকক্‌ দুইটি বন্ধ কর। স্টপকক্‌ বন্ধ রাখিয়া তড়িৎদ্বার ব্যাটারির মেরুর সহিত সংযুক্ত করিয়া দ্রবণে তড়িৎ প্রবাহ পাঠাও। প্রথমে অ্যানোডে ক্লোরিন উদ্ভূত হইয়া HCl-এর দ্রবণে দ্রবীভূত হয়। ক্যাথোডে হাইড্রোজেন উদ্ভূত হইয়া জমা হয়। কিছুক্ষণ তড়িৎ প্রবাহ চালিত হইবার পর দ্রবণ ক্লোরিন দ্বারা সংপৃক্ত হইলে অ্যানোডে ক্লোরিন গ্যাস জমিতে থাকে। তখনই স্টপকক্‌ দুইটি খুলিয়া দিয়া দুই বাহুর সমস্ত গ্যাস ছাড়িয়া দাও। তাহার পর পুনরায় বাহুদ্বয় HCl দ্রবণে ভর্তি করিয়া স্টপকক্‌ এক সঙ্গে বন্ধ কর। স্টপকক্‌ বন্ধ করিয়া তড়িৎ-প্রবাহ পূর্ববৎ চালিত কর। তখন অ্যানোডে সম্পূর্ণ ক্লোরিন ও ক্যাথোডে হাইড্রোজেন সঞ্চিত হইতে থাকে।



৭২নং চিত্র—হফ্‌ম্যান যন্ত্র

পর্যবেক্ষণ ঃ (i) দুই বাহুতে **সম আয়তন** গ্যাস জমে। (ii) বিভিন্ন পরীক্ষা দ্বারা দেখা যায় ক্যাথোডের গ্যাস হাইড্রোজেন ও অ্যানোডের গ্যাস ক্লোরিন; যথা, হাইড্রোজেন অক্সিজেনে জ্বলে। ক্লোরিনের বর্ণ হলদে। ইহা শ্বেতসার ও আয়োডাইডযুক্ত কাগজকে নীল বর্ণ করে।

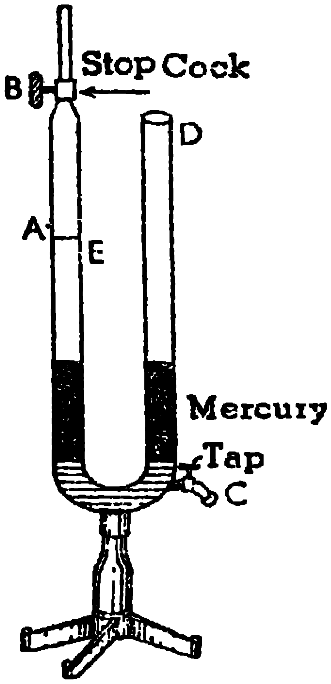
সিদ্ধান্ত ঃ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে **সমায়তন** হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন থাকে। এই পরীক্ষায় হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের আয়তনিক অনুপাত জানা যায়। কত পরিমাণ অ্যাসিডে উক্ত আয়তনের হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন আছে তাহা জানা যায় না। সেইজন্য নিম্নলিখিত পরীক্ষা করা হয়।

✓(খ) **পারদ-সংকর পদ্ধতি ঃ নীতি ঃ** Na বা NaHg সাধারণ উষ্ণতায় HCl গ্যাসের সহিত ক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।

$$2Na + 2HCl = 2NaCl + H_2.$$

পরীক্ষা ঃ (i) এই যন্ত্র একটি U-আকৃতির A কাচনল। কাচনলের D প্রান্ত খোলা। অপর প্রান্ত B স্টপকক্‌ দ্বারা বন্ধ করা থাকে। বাঁকের

কাছে একটি C প্যাঁচকল (tap)-যুক্ত নির্গম-নল থাকে। (ii) U নলটি শুষ্ক পারদে সম্পূর্ণ ভর্তি কর। B প্যাঁচকল খুলিয়া শুষ্ক HCl গ্যাস-প্রস্তুতের যন্ত্রের নির্গম-নলের সঙ্গে যুক্ত কর এবং C প্যাঁচকল খুলিয়া দাও। কিছু পারদ C নল দিয়া বাহির হয় এবং A বাহু শুষ্ক হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসে ভর্তি হয়। (iii) স্টপকক্ ও প্যাঁচকল বন্ধ কর। C প্যাঁচকল খুলিয়া কিছু পারদ বাহির করিয়া দিয়া দুই বাহুতে পারদ একতলে আন। এই অবস্থায় A নলে অ্যাসিডের চাপ = বাহিরের বায়ুর চাপ। A বাহুতে অ্যাসিডের গ্যাসের আয়তন E রবার আংটি দিয়া দুই ভাগে ভাগ কর। (iv) খোলা নল পারদ ও সামান্য তরল NaHg (অ্যামালগাম) দ্বারা সম্পূর্ণ ভর্তি কর। (v) খোলা নলের মুখ রবার-ছিপি দিয়া বন্ধ করিয়া নলকে কাত করিয়া অ্যাসিডের কয়েকবার অপর বাহুতে লও। ক্রিয়া সম্পূর্ণ হইলে সমস্ত অবশিষ্ট গ্যাসকে বদ্ধ নলে লও।



৭২নং চিত্র—সোডিয়াম সংকর প্রণালী

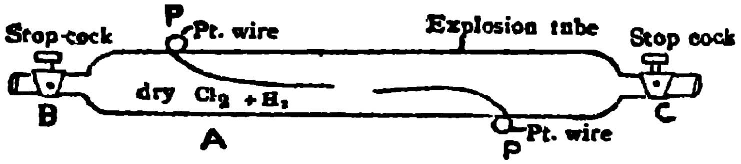
পর্যবেক্ষণ : (i) দুই নলে পারদ একতলে আন। এখন অবশিষ্ট গ্যাসের চাপ = বাহিরের বায়ুর চাপ। পরীক্ষার পূর্বে ও পরে উষ্ণতা এক থাকে। (ii) দেখ, অবশিষ্ট গ্যাসের আয়তন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের গ্যাসের আয়তনের অর্ধেক। (iii) পরীক্ষা দ্বারা দেখা যায় যে অবশিষ্ট গ্যাস হাইড্রোজেন। কারণ ইহাতে জ্বলন্ত কাঠি ধরিলে জ্বলিয়া উঠে, ইহা প্যালেডিয়াম দ্বারা শোষিত হয়।

সিদ্ধান্ত : দুই আয়তন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের গ্যাসে **এক** আয়তন হাইড্রোজেন থাকে।

দুই পরীক্ষার ফল : (i) পারদ-সংকর পরীক্ষা অনুসারে দুই আয়তন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের গ্যাসে এক আয়তন হাইড্রোজেন থাকে। (ii) হফ্‌ম্যান পরীক্ষা অনুসারে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসে সমায়তন হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন থাকে। সুতরাং দুই আয়তন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসে এক আয়তন হাইড্রোজেন ও এক আয়তন ক্লোরিন থাকে।

(২) **সাংশ্লেষিক (Synthetic) নীতি ঃ** এক এক আয়তন শুষ্ক হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের গ্যাসের মিশ্রণকে তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গের (বা বিক্ষিপ্ত সূর্যালোকের) দ্বারা ক্রিয়াম্বিত করিলে দুই আয়তন HCl গ্যাস উৎপন্ন হয়।

পরীক্ষা ঃ দুই দিকে B ও C স্টপককযুক্ত বড় ও মোটা কাচনল লও। (i) গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের তড়িৎবিশ্লেষণ দ্বারা প্রাপ্ত সমায়তন হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের মিশ্রণকে গলিত (fused) $CaCl_2$ দ্বারা শুষ্ক করিয়া অন্ধকারে শক্ত A কাচনলে প্রবেশ করাও যতক্ষণ না নল হইতে সমস্ত বায়ু বহির্গত হয়। দুই স্টপকক বন্ধ কর। (ii) কাচনলে তড়িৎদ্বারের কাজ করিবার জন্য দুইটি প্লাটিনাম তার (P, P) গলাইয়া লাগানো থাকে। এই দুই তার আবেশ-কুণ্ডলীর (induction coil) সঙ্গে যোগ করিয়া নলের মধ্যে তড়িৎস্ফুলিঙ্গ উৎপাদন কর। (iii) H_2 ও Cl_2-বিস্ফোরণের সঙ্গে যুক্ত হইয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। নলকে শীতল কর। মিশ্রণের ফিকে হলুদ বর্ণ চলিয়া যায়।



৭৩নং চিত্র—বিস্ফোরক নল

পর্যবেক্ষণ ঃ (i) কাচনলকে ঊর্ধ্বমুখী করিয়া একটি পাত্রে পারদ রাখিয়া পারদের মধ্যে নলের একটি স্টপকক খোল। কোন গ্যাস বাহির হয় না, বা ঢোকে না, পারদও নলে ঢোকে না। সুতরাং রাসায়নিক ক্রিয়া হওয়াতে আয়তনের কোন পরিবর্তন হয় নাই। (ii) পাত্রের পারদের উপর জল ঢালিয়া জলের মধ্যে স্টপকক খোল। সমস্ত গ্যাস জলে দ্রবীভূত হয় এবং নল জলে ভর্তি হয়। সুতরাং নলে কোন অযুক্ত হাইড্রোজেন থাকে না। কারণ জলে অদ্রাব্য হাইড্রোজেন সামান্য অবশিষ্ট থাকিলে সমস্ত নল জলে ভর্তি হয় না। পরীক্ষায় দেখা যায় যে, এই গ্যাসের জলীয় দ্রবণ নীল লিট্‌মাসকে লাল করে, $AgNO_3$র দ্রবণের সঙ্গে সাদা অধঃক্ষেপ দেয়। এই অধঃক্ষেপ $NH_4(OH)$তে দ্রবীভূত হয় কিন্তু গাঢ় HNO_3তে অদ্রাব্য থাকে। সুতরাং উৎপন্ন গ্যাস HCl. (iii) এই দ্রবণ KI হইতে Iকে মুক্ত করে না। সুতরাং দ্রবণে ক্লোরিন থাকে না। এই পরীক্ষা দ্বারা বোঝা যায় হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন সম্পূর্ণ যুক্ত হইয়াছে।

সিদ্ধান্ত : 1 আয়তন হাইড্রোজেন + 1 আয়তন ক্লোরিন = 2 আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড (গ্যাস)।

সংকেত নির্ণয় : পরীক্ষার দ্বারা জানা যায় যে, 1 আয়তন হাইড্রোজেন + 1 আয়তন ক্লোরিন = 2 আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড। মনে কর, গ্যাসের প্রত্যেক আয়তনে n অণু আছে।

∴ n হাঃ অণু + n ক্লোঃ অণু = 2n হাঃ ক্লোরাইড অণু (অ্যাঃ সিদ্ধান্ত)

∴ 1 হাঃ অণু + 1 ক্লোঃ অণু = 2 হাঃ ক্লোঃ অণু

∴ 2 হাঃ পরমাণু + 2 ক্লোঃ পরমাণু = 2 হাঃ ক্লোঃ অণু

∴ 1 হাঃ পরমাণু + 1 ক্লোঃ পরমাণু = 1 হাঃ ক্লোঃ অণু

(হাঃ = হাইড্রোজেন, ক্লোঃ = ক্লোরিন)

∴ সংযুতি = HCl, ∵ আণবিক ওজন = $1 + 35.5 = 36.5$

HCl-এর ঘনাঙ্ক (পরীক্ষার দ্বারা লব্ধ) = 18.25

∵ আণবিক ওজন = $18.25 \times 2 = 36.5$

সুতরাং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের নির্ভুল সংকেত হইল HCl।

ক্লোরাইড : হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের হাইড্রোজেন ধাতুর দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়া যে লবণ গঠিত হয় তাহাকে **ক্লোরাইড** বলে। ধাতু, ধাতব অক্সাইড, হাইড্রোক্সাইড, কারবনেট অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইলে ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। দ্রবণকে পরিস্রাবণ করিয়া পরিস্রুতকে বাষ্পীভূত করিলে ধাতব ক্লোরাইড কেলাসিত হয় ;

$$MgO + 2HCl = MgCl_2 + H_2O.$$

$$Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2.$$

$$Ca(OH)_2 + 2HCl = CaCl_2 + 2H_2O.$$

$$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + CO_2.$$

কোন কোন ক্ষেত্রে অদ্রাব্য ক্লোরাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$AgNO_3 + HCl = AgCl + HNO_3$. (অদ্রাব্য)

$Pb(NO_3)_2 + 2HCl = PbCl_2 + 2HNO_3$ (অদ্রাব্য)

ধর্ম : $AgCl$, $PbCl_2$, Hg_2Cl_2, Cu_2Cl_2 ব্যতীত সব ক্লোরাইড জলে দ্রাব্য। $PbCl_2$ গরম জলে দ্রাব্য। দ্রবণকে শীতল করিলে ইহা অধঃক্ষিপ্ত হয়। উত্তাপে কতকগুলি ক্লোরাইড গলিয়া যায় যথা, $NaCl$, KCl.

কোন কোন ক্লোরাইড উত্তাপে বিয়োজিত হয়, যথা $AuCl_3$. কোন কোন ক্লোরাইড বিয়োজিত না হইয়া ঊর্ধ্বপাতিত হয়, যথা মারকিউরাস ক্লোরাইড (Hg_2Cl_2)। সোদক ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড ($MgCl_2, 6H_2O$) তাপে জলের সহিত ক্রিয়া করিয়া MgOতে পরিণত হয়। $MgCl_2 6H_2O = MgCl_2, H_2O + 5H_2O$; $MgCl_2 + H_2O = MgO + 2HCl$.

এই দ্রবণকে শীতল করিলে সাদা চকচকে কেলাস অধঃক্ষিপ্ত হয়।

ক্লোরাইডের ব্যবহার: NaCl-এর ব্যবহারের কথা পূর্বে বলা হইয়াছে। KCl সাররূপে $CaCl_2$ হিমমিশ্র প্রস্তুতে ও গ্যাস শুষ্কীকরণে, $HgCl_2$ জীবাণু নাশকরূপে ও কাষ্ঠ সংরক্ষণে, AgCl ফটোগ্রাফিতে ও কাগজ-শিল্পে, $ZnCl_2$ গ্যাস শোষকরূপে কাষ্ঠ সংরক্ষণে, ঝাল দিতে পেট্রোলিয়াম শিল্পে, $AlCl_3, 6H_2O$ জৈব যৌগের সংযুতি নির্ণয়ে ব্যবহৃত হয়।

ক্লোরিন (Chlorine)

সংকেত—Cl_2 ; আঃ ওঃ ও আঃ গুঃ 35·36 ; হিমাঙ্ক—102°C। স্ফুটনাঙ্ক,—34·5°C।

১৫৮। **ইতিহাস:** প্রায় দেড় শতাব্দী যাবৎ গবেষণার ফলে ক্লোরিন মৌল আবিষ্কৃত হয়। 1774 খ্রীষ্টাব্দে শীলে (Scheele) সবুজ বর্ণের ঝাঝালো গ্যাস আবিষ্কার করেন। তিনি ইহাকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড [তখন ইহার অপর নাম মিউরিয়েটিক অ্যাসিড] ও MnO_2-এর ক্রিয়ায় প্রস্তুত করেন বলিয়া ইহার নাম দেন Oxymuriatic acid। 1810 খ্রীষ্টাব্দে ডেভি (Davy) ক্লোরিন যে মৌলিক পদার্থ তাহা প্রমাণ করেন এবং ইহার ফিকে সবুজ বর্ণের জন্য ইহার ক্লোরিন (Chloro-pale green) নামকরণ করেন।

১৫৯। **অবস্থান:** ক্লোরিন অত্যন্ত ক্রিয়াশীল মৌল বলিয়া প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না। ক্লোরিনকে সাধারণ লবণ (NaCl), সিল্‌ভাইন (Sylvine), পটাসিয়াম ক্লোরাইড (KCl), কারনালাইট (Carnallite $KCl, MgCl_2, 6H_2O$) রূপে পাওয়া যায়। সমুদ্র-জলে যথেষ্ট সাধারণ লবণ পাওয়া যায়। জার্মানির স্টাসফার্ট খানিতে প্রচুর পটাসিয়াম ক্লোরাইড (KCl) পাওয়া যায়।

১৬০। **প্রস্তুত-প্রণালী ঃ নীতি ঃ** (i) HClকে MnO_2, বায়ু, HNO_3, $KMnO_4$, $K_2Cr_2O_7$ প্রভৃতি দ্বারা জারিত করিয়া বা HClকে বিশ্লিষ্ট করিয়া বা (ii) ধাতব ক্লোরাইডকে তাপ বা তড়িৎ দ্বারা বিশ্লিষ্ট করিয়া বা (iii) হাইপোক্লোরাইট ও অ্যাসিডের ক্রিয়ার দ্বারা ক্লোরিন উৎপন্ন হয়। HCl হইতে জারণের দ্বারা হাইড্রোজেন অপসারিত হয় এবং ক্লোরিন মুক্ত হয়।

$$K_2Cr_2O_7 + 14HCl = 2KCl + 2CrCl_3 + 7H_2O + 3Cl_2.$$

$$PbO_2 + 4HCl = PbCl_2 + 2H_2O + Cl_2.$$

$$HNO_3 + 3HCl = NOCl + 2H_2O + Cl_2.$$

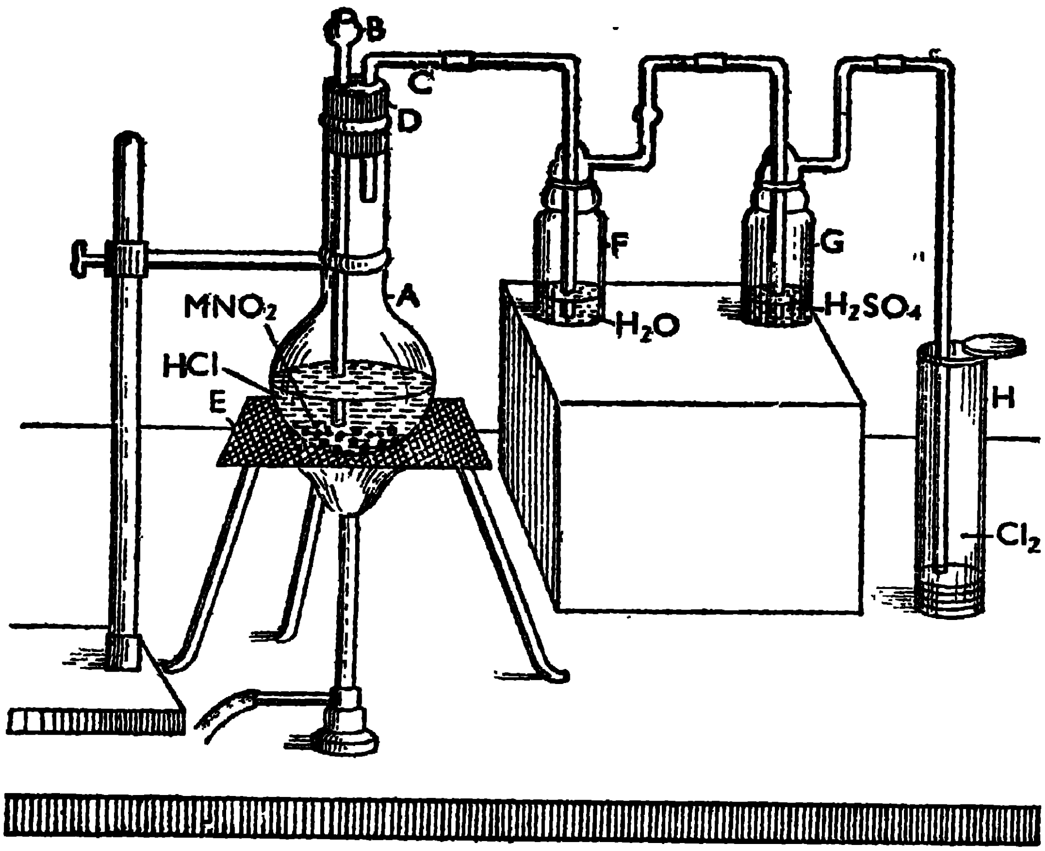
(i) HCl হইতে

(ক) **বিশ্লেষণ দ্বারা ঃ** HCl-এর গাঢ় জলীয় দ্রবণকে তড়িৎ-বিশ্লিষ্ট করিলে ক্যাথোডে হাইড্রোজেন ও অ্যানোডে ক্লোরিন পাওয়া যায়। (HCl-বিশ্লেষণ দেখ)।

(খ) **জারণ দ্বারা ঃ পরীক্ষাগার প্রণালী ঃ** (i) এক গোলতলা A ফ্লাস্কে গুঁড়া ম্যাঙ্গানিজ ডাইঅক্সাইড MnO_2 (Pyrolusite) রাখ। ফ্লাস্কের মুখে D কর্কের মধ্য দিয়া একটি দীর্ঘনল ফানেল B ও দুইবার সমকোণে বাঁকান নির্গমনল C লাগাও। ফ্লাস্ককে E তার-জালির উপর রাখিয়া দণ্ডের সঙ্গে আটকাও। (ii) ফানেলে তীব্র HCl ঢাল যাহাতে MnO_2-র গুঁড়া ও ফানেলের নিম্নাংশ অ্যাসিডের মধ্যে ডুবিয়া থাকে। দ্রবণের বর্ণ ঘোর বাদামি হয়। ফ্লাস্কে মৃদু তাপ দাও। সবুজ আভাযুক্ত হলুদে বর্ণের গ্যাস উত্থিত হয়। এই গ্যাসে কিছু HCl মিশ্রিত থাকে। সেইজন্য ইহাকে প্রথমে জলপূর্ণ দ্বিমুখ F বোতলের মধ্য দিয়া এবং পরে গাঢ় H_2SO_4 পূর্ণ দ্বিমুখ G বোতলের মধ্য দিয়া লইয়া বিশুদ্ধ শুষ্ক ক্লোরিনকে ঊর্ধ্বমুখ বায়ুপূর্ণ H গ্যাস জারে সংগ্রহ করা হয়। প্রথম বোতলে প্রথমে অশুদ্ধি HCl ও ক্লোরিন দুইই দ্রবীভূত হয়, কিন্তু ক্লোরিনের দ্রাব্যতা খুব কম বলিয়া ইহা শীঘ্রই সংপৃক্ত হইয়া চলিয়া যায়; দ্বিতীয় বোতলে আর্দ্রতা (H_2O) দূরীভূত হয়।

দ্রষ্টব্য ঃ ক্লোরিনকে পারদের উপর বা শীতল জলের উপর সংগ্রহ করা যায় না, কারণ পারদ ক্লোরিন দ্বারা আক্রান্ত হয় এবং ক্লোরিন শীতল জলে খুব

দ্রাব্য। ইহা গরম জলে বা ব্রাইনের (NaCl-এর জলে গাঢ় দ্রবণ) উপর সংগ্রহ করা যায়।



৭৪নং চিত্র—পরীক্ষাগারে ক্লোরিন-উৎপাদন

ক্রিয়া : এই ক্রিয়া দুই ধাপে সম্পন্ন হয় : প্রথমে সাধারণ উষ্ণতায় ম্যাঙ্গানিজ টেট্রা ও ট্রাই ক্লোরাইড $MnCl_4$ ও $MnCl_3$-এর ঘোর বাদামি দ্রবণ উৎপন্ন হয়। ইহারা তাপে বিশ্লিষ্ট হইয়া ক্লোরিন গঠন করে : $MnO_2 + 4HCl = MnCl_4 + 2H_2O$, $MnCl_4 = MnCl_2 + Cl_2$; $2MnO_2 + 8HCl = 2MnCl_3 + 4H_2O + Cl_2$; $2MnCl_3 = 2MnCl_2 + Cl_2$ ।

(গ) MnO_2-র সঙ্গে HCl-এর বদলে ফ্লাস্কে HCl উৎপাদনকারী কোন ধাতব ক্লোরাইড এবং গাঢ় H_2SO_4-এর মিশ্রণকে উত্তপ্ত করিলে ক্লোরিন উৎপন্ন হয়। ক্লোরিনকে উপরোক্ত পদ্ধতিতে শুষ্ক করা হয়। অক্সিজেনের প্রস্তুতির পর ফ্লাস্কে MnO_2 ও KCl থাকে। ইহাতে H_2SO_4 দিয়া উত্তপ্ত করিলে ক্লোরিন পাওয়া যায়।

এই প্রক্রিয়া হ্যালাইড (Halide) হইতে হ্যালোজেন প্রস্তুতের সাধারণ নিয়ম। ধাতব ক্লোরাইডের বদলে ব্রোমাইড বা আয়োডাইড ব্যবহার

করিলে যথাক্রমে Br_2 ও I_2 উৎপন্ন হয়। সাধারণ সংকেত এইরূপ: $2NaX + 3H_2SO_4 + MnO_2 = 2NaHSO_4 + MnSO_4 + 2H_2O + X_2$(x = Cl, Br বা I)।

(ঘ) **সাধারণ উষ্ণতায় ক্লোরিন প্রস্তুতি:** (i) **HCl ও $KMnO_4$ হইতে** বিন্দুপাতন-ফানেল ও নির্গমনল যুক্ত একটি শঙ্কু কুপীতে পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট (Potassium permanganate) লও। উহাতে ধীরে ধীরে ফোঁটা ফোঁটা গাঢ় HCl ফেল। অতিমাত্রায় অ্যাসিড ঢালিলে বিস্ফোরণ ঘটিতে পারে। ক্লোরিন উদ্ভূত হইয়া নির্গমনল দিয়া বাহির হয়; $2KMnO_4 + 16HCl = 2MnCl_2 + 2KCl + 8H_2O + 5Cl_2$. ইহাকে লবণাক্ত জলের উপর সংগ্রহ করা হয়।

(ii) উপরোক্তরূপ ফ্লাস্কে ব্লিচিং পাউডারের [$Ca(OCl)Cl$]-এর উপর পাতলা HCl বা H_2SO_4 ফোঁটা ফোঁটা ফেলিলে ক্লোরিন পাওয়া যায়: $Ca(OCl)Cl + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + Cl_2$.

১৬১। **ক্লোরিনের পণ্যোৎপাদন:** (i) **আধুনিক তড়িৎ-বিশ্লেষক পদ্ধতি: নীতি:** আজকাল ব্রাইন বা গলিত NaCl-এর তড়িৎ-বিশ্লেষণের দ্বারা NaOH-এর ও সোডিয়ামের পণ্যোৎপাদনে বাজারে সব ক্লোরিন উপজাত হিসাবে পাওয়া যায়। HCl-এর চেয়ে NaCl-এর দাম খুব কম। কারণ NaCl হইতেই HCl উৎপন্ন হয়। সেইজন্য HCl হইতে প্রাচীন ওয়েলডন (Weldon) ও ডিয়াকন (Deacon) পদ্ধতিতে ক্লোরিন উৎপাদন প্রায় অপ্রচলিত হইয়াছে।

NaCl-এর তড়িৎবিশ্লেষণ দুই প্রকারে নিষ্পন্ন হয়: তাপে গলিত NaCl-এর মধ্য দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হইলে ক্যাথোডে (লোহার) সোডিয়াম ধাতু এবং অ্যানোডে (গ্যাস কারবন) ক্লোরিন গ্যাস উৎপন্ন হয়। ইহার বিষয় একাদশ শ্রেণীর পুস্তকে সোডিয়াম ধাতু উৎপাদন সম্পর্কে বলা হইবে।

সোডিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণের মধ্য দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত করিলে ক্যাথোডে সোডিয়াম উৎপন্ন হইয়া জলের সঙ্গে ক্রিয়া করিয়া NaOH এবং H_2 উৎপন্ন করে এবং অ্যানোডে ক্লোরিন উৎপন্ন হয়। এই পদ্ধতি নিম্নে আলোচিত হইয়াছে।

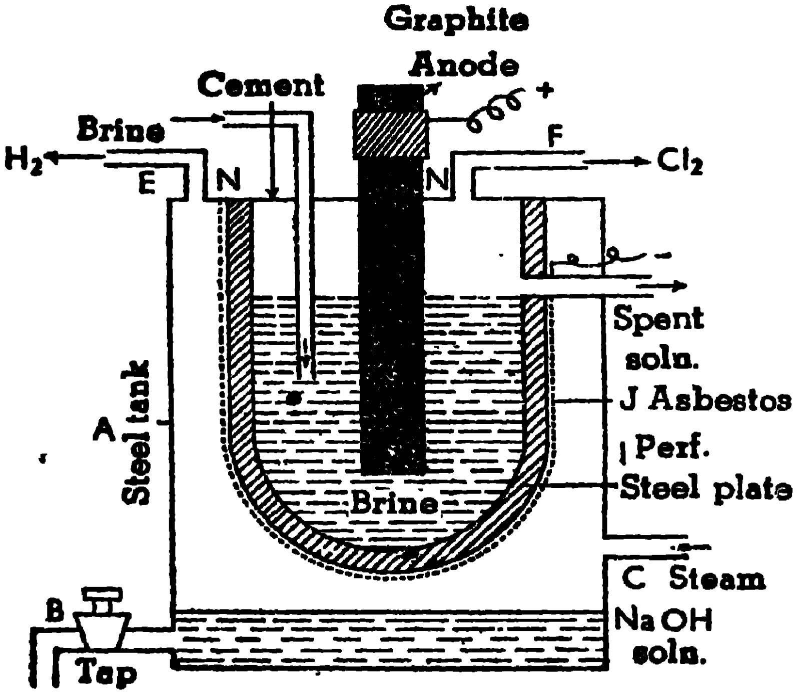
নীতি : $NaCl = Na^+ + Cl^-$.

ক্যাথোডে : $Na^+ + e = Na$: অ্যানোডে : $2Cl^- = Cl_2 + 2e$.

$2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2$.

উৎপন্ন ক্লোরিন যাহাতে উৎপন্ন NaOH-এর সঙ্গে না মিশিতে পারে তাহার ব্যবস্থা থাকে। কারণ NaOH-এর সঙ্গে Cl-এর ক্রিয়ায় NaCl পুনর্গঠিত হয় : $2NaOH + Cl_2 = NaCl + NaOCl + H_2O$.

পদ্ধতি : নেল্‌সন কোষ : A ইস্পাতের ট্যাঙ্কের (tank) নীচে একটি কল (স্টপকক) যুক্ত নল (tap) B এবং গায়ে C, D, E, F নল লাগানো থাকে।



৭৫নং চিত্র—ক্লোরিনের পণ্যোৎপাদন

ট্যাঙ্কে স্থাপিত U আকারের সচ্ছিদ্র স্টীলের পাতের (perforated. steel plate) পাত্র I ক্যাথোডরূপে ব্যবহৃত হয়। স্টীলের পাতের ছিদ্রগুলির উপর অ্যাসবেস্টসের অবরণ থাকে। 1-এর ভিতরটাকে অ্যানোড প্রকোষ্ঠ, বাহিরটাকে ক্যাথোড প্রকোষ্ঠ বলে। ট্যাঙ্কের ও অ্যানোড প্রকোষ্ঠের উপরটা (N) সিমেন্ট দিয়া আবৃত থাকে। অ্যানোড প্রকোষ্ঠে উপরের নল দিয়া ব্রাইন লওয়া হয়। ব্যবহৃত ব্রাইন U পাত্রের পার্শ্বে অবস্থিত বহির্গমন নল দিয়া বাহির হইয়া যায়। উপরের সিমেন্টের ঢাকনার মধ্য দিয়া ব্রাইনের মধ্যে নিমজ্জিত মোটা গ্রাফাইট দণ্ড অ্যানোডরূপে ব্যবহৃত হয়। গ্রাফাইট দণ্ডকে তড়িৎ-ব্যাটারির ধনাত্মক মেরুর সঙ্গে যোগ করা হয়। U-পাত্রকে ব্যাটারির ঋণাত্মক মেরুর

সঙ্গে যোগ করিলে সচ্ছিদ্র অ্যাসবেটসের মধ্য দিয়া ব্রাইন ক্যাথোডে পৌছায় এবং তড়িৎবিশ্লিষ্ট হয়। ক্যাথোডে উদ্ভূত সোডিয়াম জলের সহিত NaOH গঠন করে। অ্যানোডে উদ্ভূত **ক্লোরিন গ্যাস** F নল দিয়া বাহির হয়। ক্যাথোডে C নল দিয়া স্টীম প্রবাহিত করানো হয়। স্টীম ক্যাথোডে উৎপন্ন NaOHকে দ্রবীভূত রাখে, কোষকে উত্তপ্ত করে এবং অ্যাস্‌বেসটসের মধ্য দিয়া ব্রাইনের প্রবাহকে বজায় রাখে।

ক্লোরিনকে গরম জলে বা ব্রাইনের উপর সংগ্রহ করিয়া H_2SO_4-এর মধ্য দিয়া শুষ্ক করিয়া উচ্চ চাপে তরল করিয়া লোহার চোঙে রাখা হয়।

✓(ii) **ওয়েলডন পদ্ধতি :** পাইরোলুইসাইট খনিজ (MnO_2) পদার্থ। ইহাতে 10% Fe_2O_3 ও 90% MnO_2 থাকে। পাইরোলুইসাইট ও গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে পাথরের পাত্রে (stone ware still) লওয়া হয়। পাত্রের নিম্নদেশে স্টীম-কুণ্ডকে স্টীম প্রবেশ করাইয়া উত্তপ্ত করিলে ক্লোরিন উদ্ভূত হইয়া বহির্নল দিয়া বাহির হয়।

$$MnO_2+4HCl=Cl_2+MnCl_2+2H_2O.$$

MnO_2-এর পুনঃপ্রাপ্তি (Recovery) : পাত্রের দ্রবে ম্যাঙ্গানিজ ক্লোরাইড ($MnCl_2$), ফেরিক ক্লোরাইড $FeCl_3$ ও অবশিষ্ট HCl প্রভৃতি পড়িয়া থাকে। এই অবশেষকে (spent liquor) পাত্রের নিম্নদেশে স্টপকক খুলিয়া একটি ট্যাঙ্কে লইয়া চুনাপাথর ($CaCO_3$) দিয়া আলোড়িত করা হয়। HCl প্রশমিত (neutralise) হয়। ফেরিক হাইড্রোক্সাইড [$Fe(OH)_3$] অধঃক্ষিপ্ত হয়। অধঃক্ষেপসহ সমস্ত দ্রবণকে একটি ট্যাঙ্কে (settler) পাম্প করা হয়। এই ট্যাঙ্কে গাদ (sediment) থিতাইলে উপরের পরিষ্কার দ্রবণে $MnCl_2$ ও $CaCl_2$ থাকে। এই দ্রবণকে চোঙাকৃতি লৌহপাত্রে লইয়া 35-40% চুনগোলা (milk of lime) মিশ্রিত করিয়া স্টীম দিয়া 60°Cতে উত্তপ্ত করা হয়। মিশ্রণের মধ্য দিয়া অধিক চাপে বায়ু চালিত করা হয়। এই পাত্রকে **জারক** ঘর (Oxidiser) বলে। প্রথমে $MnCl_2$ চুন দ্বারা ম্যাঙ্গানিজ হাইড্রক্সাইড [$Mn(OH)_2$] হয়। পরে $Mn(OH)_2$ বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত হইয়া ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড (MnO_2) উৎপন্ন হয়। ইহা অবশিষ্ট চুনের সঙ্গে ক্যাল্‌সিয়াম ম্যাঙ্গানাইট (Manganite CaO, MnO_2) গঠন করে। ইহাকে **ওয়েলডন কাদা** (Weldon Mud) বলে। ইহা কাদার আকারে জারক ঘরের নীচে জমে।

$$MnCl_2 + Ca(OH)_2 = Mn(OH)_2 + CaCl_2.$$

$$2Mn(OH)_2 + 2Ca(OH)_2 + O_2 = 2CaO, MnO_2 + 4H_2O.$$

ওয়েলডন কাদাকে অপর একটি পাত্রে লইয়া থিতাইয়া প্রথমকার পাথরের পাত্রে পাইরোলুসাইটের পরিবর্তে ব্যবহার করা হয়। এই কাদাই HClকে জারিত করে।

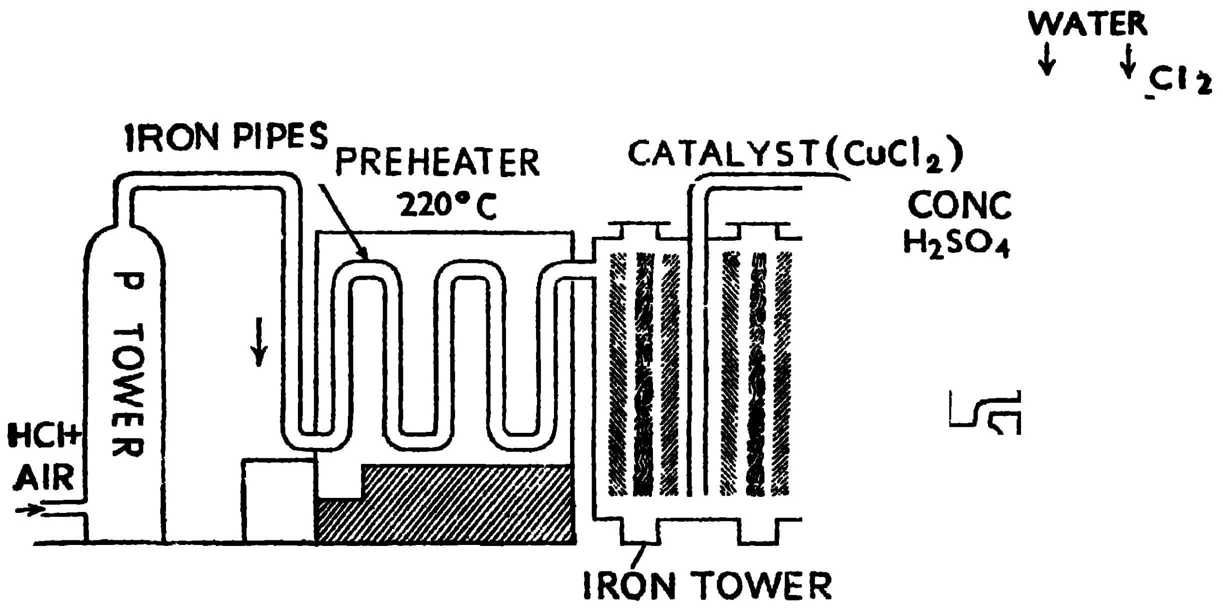
$$CaO, MnO_2 + 6HCl = CaCl_2 + MnCl_2 + Cl_2 + 3H_2O.$$

অতএব সামান্য পাইরোলুসাইট ব্যবহার করিয়া অনবরত ক্লোরিন উৎপন্ন করা যায়। এই পদ্ধতিতে শতকরা 30% HCl হইতে ক্লোরিন পাওয়া যায়। বাকী HCl ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডে পরিবর্তিত হইয়া নষ্ট হয়।

✓(iii) **ডিয়াকনের পদ্ধতি ঃ নীতি ঃ** 450°তে কিউপ্রিক ক্লোরাইডের (অনুঘটক) উপস্থিতিতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বায়ু দ্বারা জারিত হইয়া ক্লোরিন দেয়। শুধু বায়ু তাপে সামান্য HClকে জারিত করে।

$$4HCl + O_2 = 2H_2O + Cl_2.$$

পদ্ধতি ঃ (i) সল্ট-কেক্ পদ্ধতিতে সোডিয়াম ক্লোরাইড ও H_2SO_4-এর ক্রিয়া হইতে উদ্ভূত HCl গ্যাস ও বায়ুর মিশ্রণকে (2 : 4 আয়তনে) একটি স্তম্ভে (P) H_2SO_4 ও ধূলিমুক্ত করিয়া (ii) একটি প্রকোষ্ঠে (preheater) লোহার নলের (iron pipe) মধ্য দিয়া লইয়া মিশ্রণকে 220°Cতে উষ্ণ করা



৭৬নং চিত্র—ডিয়াকনের পদ্ধতি

হয়। (iii) তৎপরে উত্তপ্ত মিশ্রণকে অপর একটি লোহার স্তম্ভের (contact tower) মধ্য দিয়া লওয়া হয়। এই স্তম্ভ 450°C-তে উত্তপ্ত ইষ্টক খণ্ড পূর্ণ থাকে। প্রথমে ইষ্টক খণ্ডগুলিকে কিউপ্রিক ক্লোরাইড দ্রবণে সিক্ত করা হয়। HCl জারিত হয়। উদ্ভূত ক্লোরিন গ্যাসকে পর পর দুইটি স্তম্ভে জল দ্বারা ধৌত করিয়া HCl মুক্ত করা হয়। তৎপরে ক্লোরিনকে গাঢ় H_2SO_4 দ্বারা শুষ্ক করা হয়।

প্রথমে 450°Cতে কিউপ্রিক ক্লোরাইড ভাঙ্গিয়া কিউপ্রাস ক্লোরাইড ও ক্লোরিন হয়। এই কিউপ্রাস ক্লোরাইড বায়ুর অক্সিজেনের সহিত কিউপ্রাস অক্সিক্লোরাইড উৎপন্ন করে। এই কিউপ্রাস অক্সিক্লোরাইড HCl গ্যাসের সহিত ক্রিয়া করিয়া কিউপ্রিক ক্লোরাইড পুনর্গঠন করে।

ক্রিয়া : $2CuCl_2 = Cu_2Cl_2 + Cl_2$ (উচ্চ উষ্ণতায়).

$$2Cu_2Cl_2 + O_2 = 2Cu_2OCl_2.$$

$$Cu_2OCl_2 + 2HCl = 2CuCl_2 + H_2O.$$

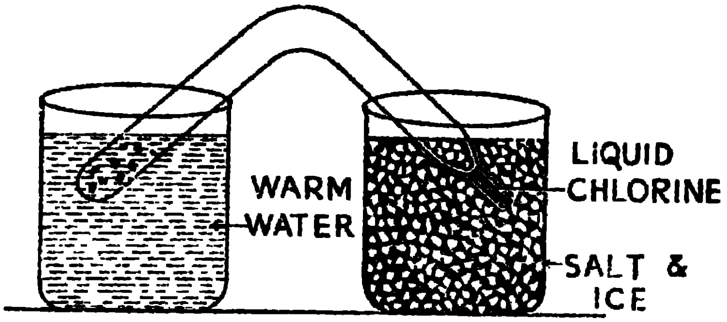
সুতরাং $CuCl_2$ অনুঘটকরূপে অক্সিজেন বহন করে।

এই পদ্ধতিতে 60% HCl জারিত হইয়া Cl_2 উৎপন্ন করে কিন্তু ইহাতে ক্লোরিনের সঙ্গে বায়ুর নাইট্রোজেন মিশ্রিত হয়। সেইজন্য ইহা খুব পাতলা (8 – 10%) ক্লোরিন। এই ক্লোরিন দ্বারা ব্লিচিং পাউডার উৎপন্ন হয়।

১৬২। **বিশুদ্ধ ক্লোরিন :** (i) গলিত (fused) বিশুদ্ধ AgClকে শক্ত কাচের নলে কারবন তড়িৎ-দ্বারের মধ্যে তড়িৎ বিশ্লেষণ করিলে অ্যানোডে বিশুদ্ধ ক্লোরিন উদ্ভূত হয়। (ii) $AuCl_3$, $CuCl_2$, $PtCl_4$কে উত্তপ্ত করিলে বিশুদ্ধ ক্লোরিন পাওয়া যায় ; $AuCl_3 = AuCl + Cl_2$; $2AuCl = 2Au + Cl_2$. $2CuCl_2 = Cu_2Cl_2 + Cl_2$.

১৬৩। **ধর্ম : ভৌত :** ক্লোরিন সবুজাভ পীতবর্ণের গ্যাস। (ii) ইহা বায়ু অপেক্ষা $2\frac{1}{2}$ গুণ ভারী। ইহা বিষাক্ত গ্যাস এবং চামড়া ক্ষয় করে। ইহা তীব্র গন্ধযুক্ত শ্বাসরোধী গ্যাস। ইহা শুঁকিলে নাক ও গলা জ্বালা করে। ইহা শ্লৈষ্মিক ঝিল্লী (mucous membrane) ক্ষয় করে। যুদ্ধকালে ইহা বিষবাষ্পরূপে ব্যবহৃত হয়। (iv) ইহা চাপে ও শৈত্যে তরল হয়। ক্লোরিন হাইড্রেটকে বদ্ধ নলের এক প্রান্তে উষ্ণ জলে গরম করিলে ক্লোরিন গ্যাস উদ্ভূত হয়। নল বদ্ধ হওয়ায় গ্যাসের চাপ বাড়ে। নলের অপর প্রান্ত হিমমিশ্রে

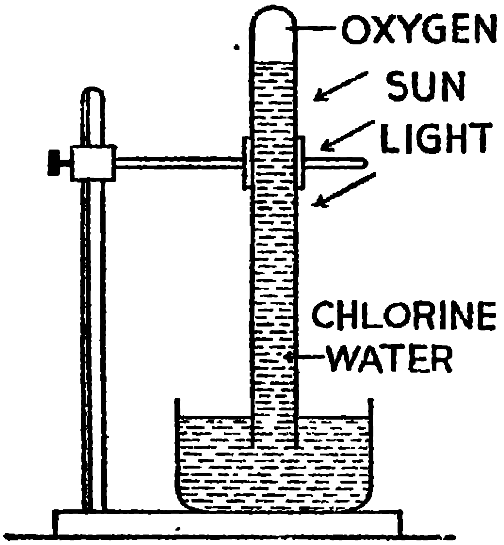
ডুবাইলে ক্লোরিন গ্যাস তরল হয়। ক্লোরিন গ্যাস $-102°C$ উষ্ণতায় হলুদ বর্ণের কঠিনে পরিণত হয়। (v) ইহা জলে দ্রাব্য। ক্লোরিনের দ্রাব্যতা HCl-এর দ্রাব্যতার চেয়ে অনেক কম। (vi) লবণজলে ইহা খুব কম দ্রাব্য।



৭৭নং চিত্র—ক্লোরিন হাইড্রেটকে বদ্ধ নলের এক প্রান্তে গরম জলে উত্তপ্ত করা হয়। উদ্ভূত ক্লোরিন হিমমিশ্রে ডোবানো নলের অপর প্রান্তে শৈত্যে তরল হয়।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ ক্লোরিন অত্যন্ত ক্রিয়াশীল মৌল।

(i) **জলের ক্রিয়া ঃ** অবস্থা ভেদে ক্লোরিন জলের সহিত নানা ভাবে ক্রিয়া করে। (ক) সাধারণ উষ্ণতায় ইহা জলে দ্রবীভূত হয় এবং দ্রবের বর্ণ ও গন্ধ ক্লোরিনের বর্ণ ও গন্ধের মত হয়। দ্রবকে **ক্লোরিন-জল** (Chlorine water) বলে। ইহা জলে আর্দ্র বিশ্লিষ্ট হইয়া HCl ও HOCl উৎপন্ন করে। HOCl বিশ্লিষ্ট হইয়া (বিশেষতঃ সূর্যালোকে) জায়মান অক্সিজেন ও HCl উৎপন্ন করে। এই জায়মান O-এর জন্য ক্লোরিন-জলের জারক, বিরঞ্জন এবং বীজাণুনাশক গুণ থাকে।



৭৮নং চিত্র—ক্লোরিন-জল হইতে সূর্যালোকে অক্সিজেনের উদ্ভব।

$$H_2O + Cl_2 = HCl + HOCl$$

$$HOCl \rightarrow HCl + O$$

ক্লোরিন জলকে অধিক দিন রাখিলে ইহা উপরোক্ত বিক্রিয়ার উদ্ভূত HCl-এর জন্য লিট্‌মাসকে লাল করে। মুক্ত ক্লোরিন জলে থাকিলে লিট্‌মাসকে বিবর্ণ করিত।

(খ) একটি পরীক্ষানলে ক্লোরিন-জলকে উজ্জ্বল সূর্যালোকে রাখিলে জল বিশ্লিষ্ট হইয়া অক্সিজেনের বুদ্‌বুদ উৎপন্ন করে।

$$2Cl_2 + 2H_2O \rightleftharpoons 4HCl + O_2$$

(গ) ক্লোরিন-জলকে হিমমিশ্রে রাখিলে ক্লোরিন হাইড্রেটের ($Cl_2, 10H_2O$) সাদা কেলাস পাওয়া যায়।

(ঘ) ক্লোরিন স্টীমকে বিশ্লিষ্ট করিয়া অক্সিজেন ও HCl উৎপন্ন করে।

$$2Cl_2 + 2H_2O \rightleftharpoons 4HCl + O_2$$

(i) **দাহক:** ক্লোরিন নিজে জ্বলে না, কিন্তু ইহা দহনের সহায়ক। ফস্‌ফরাস, সোডিয়াম, ক্যাল্‌সিয়াম; অ্যান্টিমনি, বিস্‌মাথ, কপার প্রভৃতি পদার্থ গ্যাসে জ্বলিতে থাকে এবং ইহাদের ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

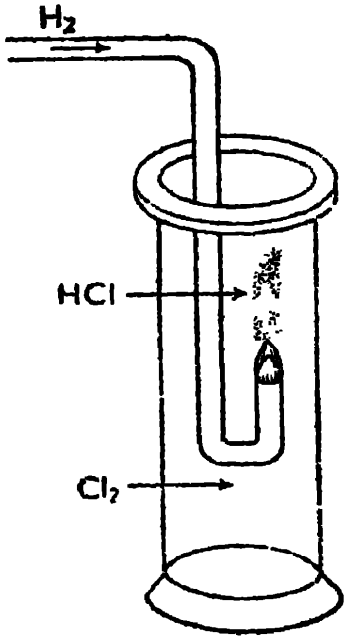
পরীক্ষা: (ক) ক্লোরিন গ্যাসপূর্ণ জারে অ্যান্টিমনি, বিস্‌মাথ্‌ বা আরসেনিক গুঁড়া নিক্ষেপ কর। প্রত্যেক কণা গ্যাসে পড়িবামাত্র স্বতঃই জ্বলিয়া উঠে, চারিদিকে অগ্নিস্ফুলিঙ্গ ছড়াইয়া পড়ে এবং ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। $2Sb + 5Cl_2 = 2SbCl_5$; $2Bi + 3Cl_2 = 2BiCl_3$; $2As + 3Cl_2 = 2AsCl_3$.

(খ) উজ্জ্বলন (deflagrating) চামচে সাদা ফস্‌ফরাস বা পাতলা তামার পাতা লইয়া ক্লোরিন গ্যাসপূর্ণ জারে ঢোকাও। ইহারা জ্বলিয়া উঠে এবং উহাদের ক্লোরাইড গঠন করে।

$4P + 6Cl_2 = 4PCl_3$; $4P + 10Cl_2 = 4PCl_5$; $Cu + Cl_2 = CuCl_2$

(গ) বাল্‌ব নলে (bulb tube) উত্তপ্ত সোডিয়ামের উপর ক্লোরিন গ্যাস অতিক্রম করাইলে সোডিয়াম উজ্জ্বল হল্‌দে শিখার সহিত জ্বলে।

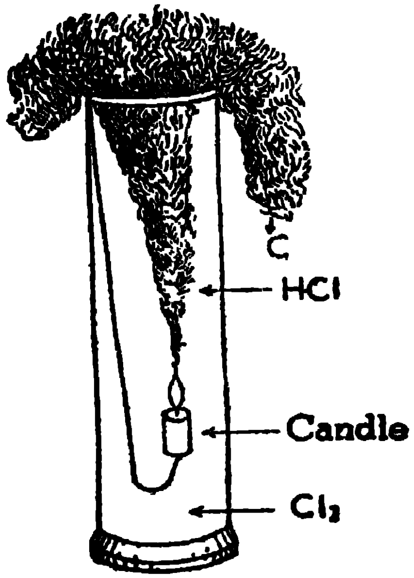
$$2Na + Cl_2 = 2NaCl.$$



৭৯নং চিত্র—Cl_2 গ্যাসে H_2-র জ্বলন

(iii) **ক্লোরিনের হাইড্রোজেনের প্রতি গভীর আসক্তি আছে।** ক্লোরিন অতি সহজে (ক) হাইড্রোজেন মৌলের সহিত এবং (খ) কোন যৌগের হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হয়।

(ক) **পরীক্ষা : মৌল হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্তি :** (১) একটি পরীক্ষা-নল সম-আয়তন হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন গ্যাসে পূর্ণ কর। নলকে নাড়িয়া তোয়ালে দিয়া আবৃত করিয়া নলের মুখটা শিখায় ধর। সামান্য বিস্ফোরণের সঙ্গে ক্লোরিন ও হাইড্রোজেন যুক্ত হইয়া HCl উৎপন্ন হয়। মিশ্রণকে রৌদ্রে বা তীব্র আলোকে রাখিলে বিস্ফোরণের সঙ্গে ক্রিয়া হয়।



৯০নং চিত্র—Cl_2 গ্যাসে বাতির জ্বলন

(২) ক্লোরিন ও হাইড্রোজেন গ্যাসপূর্ণ নলকে বিক্ষিপ্ত সূর্যালোকে ধর। ইহারা ধীরে ধীরে যুক্ত হয়। কোন বিস্ফোরণ হয় না। নলকে অন্ধকারে রাখ, কোন ক্রিয়া হয় না।

(৩) প্রজ্বলিত হাইড্রোজেনের শিখা ক্লোরিন জারের ভিতর জ্বলিতে থাকে এবং HCl-এর ধোঁয়া দেখা যায়!

$$H_2 + Cl_2 = 2HCl.$$

(খ) **যৌগের হাইড্রোজেন :** (১) ক্লোরিন গ্যাসে জ্বলন্ত বাতি (C_xH_y) প্রবেশ করাও। উহা অনুজ্জ্বল লাল ধোঁয়াটে শিখার সহিত জ্বলে, ঝুল (C) হয় ও HCl উৎপন্ন হয়।

(গ) শুষ্ক টারপেন্টাইন সিক্ত (turpentine $C_{10}H_{16}$) ফিল্টার কাগজ ক্লোরিন গ্যাসে প্রবেশ করাও। ইহা জ্বলিয়া উঠে, ধোঁয়া হয় এবং HCl উৎপন্ন হয়।

বাতি ও টারপেন্টাইন হাইড্রোকারবন অর্থাৎ কারবন ও হাইড্রোজেনের যৌগ। ক্লোরিন বাতি ও টারপেন্টাইনের হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া HCl উৎপন্ন করে এবং কারবন ঝুলের (soot) আকারে জারের গায়ে জমে ;

$$C_{10}H_{16} + 8Cl_2 = 10C + 16HCl.$$

ক্লোরিন মিথেন গ্যাসের (CH_4) সব কয়টি হাইড্রোজেন পরমাণু পর পর প্রতিস্থাপিত করিয়া যথাক্রমে CH_3Cl, $CHCl_2$, $CHCl_3$ ও CCl_4 যৌগ গঠন করে।

(iii) ক্লোরিন অধিকাংশ ধাতু ও অনেক অধাতুর সহিত সাক্ষাৎভাবে যুক্ত হয়, কিন্তু ইহা কারবন, নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের সহিত সাক্ষাৎভাবে ক্রিয়া করে না।

(iv) **ক্ষারের সহিত ক্রিয়া:** আমরা পূর্বে দেখিয়াছি যে, ক্লোরিন জলের সহিত ক্রিয়া করিলে HCl ও HOCl উৎপন্ন করে।

(ক) অতিরিক্ত **ঠাণ্ডা** ও **পাতলা** ক্ষার (NaOH, KOH) এই দুই অ্যাসিডের সঙ্গে ক্রিয়া করিয়া ক্লোরাইড ও হাইপোক্লোরাইট উৎপন্ন করে।

$$Cl_2 + H_2O = HCl + HOCl\ ;$$

$$2NaOH + HCl + HOCl = NaCl + NaOCl + 2H_2O.$$

(খ) অতিরিক্ত ক্লোরিন গ্যাস উষ্ণ ক্ষারের সহিত ক্রিয়া করিলে প্রথমে ক্লোরাইড ও হাইপোক্লোরাইট হয়। এই হাইপোক্লোরাইট তাপে বিশ্লিষ্ট হইয়া ক্লোরেট হয়।

$$3Cl_2 + 6NaOH = 3NaCl + 3NaOCl + 3H_2O.$$

$$3NaOCl = 2NaCl + NaClO_3.$$

$$\therefore\quad 3Cl_2 + 6NaOH = 5NaCl + NaClO_3 + 3H_2O$$

$$3Cl_2 + 6KOH = 5KCl + KClO_3 + 3H_2O$$

(গ) চুন (CaO) ও চুনের জল [$Ca(OH)_2$] ক্ষার জাতীয় পদার্থ। অতিরিক্ত ঠাণ্ডা ও পাতলা চুনের জল [$Ca(OH)_2$] ক্লোরিনের সহিত ক্রিয়া করিয়া ক্যাল্‌সিয়াম ক্লোরাইড ও হাইপোক্লোরাইট গঠন করে।

$$2Ca(OH)_2 + 2Cl_2 = CaCl_2 + Ca(OCl)_2 + 2H_2O.$$

পাথুরে চুনের সঙ্গে জলের ক্রিয়ায় কলিচুন $Ca(OH)_2$ উৎপন্ন হয়।

$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2$$

(ঘ) অতিরিক্ত ক্লোরিন গরম চুন-গোলার [milk of lime, $Ca(OH)_2$] সহিত ক্যাল্‌সিয়াম ক্লোরেট উৎপন্ন করে।

$$6Ca(OH)_2 + 6Cl_2 = Ca(ClO_3)_2 + 5CaCl_2 + 6H_2O.$$

(ঙ) শুষ্ক কলিচুন [Slaked lime $Ca(OH)_2$] ক্লোরিনের সঙ্গে 40°C উষ্ণতায় ব্লিচিং পাউডার গঠন করে।

$$Ca(OH)_2 + Cl_2 = Ca(OCl)Cl + H_2O.$$

(চ) লোহিত তাপে পোড়া চুন (quicklime) ক্লোরিনের সঙ্গে ক্রিয়া করিয়া $CaCl_2$ ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে; $2CaO + 2Cl_2 = 2CaCl_2 + O_2$.

(v) **জারক গুণঃ** হাইড্রোজেনের প্রতি আসক্তির ফলে ক্লোরিন শক্তিশালী জারক হিসাবে কাজ করে। কখন কখন ক্লোরিন নিজে বিজারিত হইয়া HCl হয়।

(ক) ক্লোরিন গ্যাসে স্ট্যানাস ও ফেরাস লবণ জারিত হইয়া স্ট্যানিক ও ফেরিক লবণ হয়। এখানে ঋণাত্মক পরমাণু ক্লোরিন যুক্ত হয়।

$$SnCl_2+Cl_2=SnCl_4,\ 2FeCl_2+Cl_2=2FeCl_3.$$

(খ) ক্লোরিন দ্বারা H_2S, HI জারিত হইয়া যথাক্রমে S ও I এবং HCl উৎপন্ন হয়। এখানে ধনাত্মক পরমাণু হাইড্রোজেন অপসারিত হয়।

$$H_2S+Cl_2=2HCl+S,\ 2HI+Cl_2=2HCl+I_2.$$

(গ) জলের উপস্থিতিতে ক্লোরিন অন্য পদার্থে অক্সিজেন যোগ করিয়া ইহাকে জারিত করে। ক্লোরিন জলের হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হয় এবং জায়মান অক্সিজেন অন্য পদার্থে যুক্ত হয়। SO_2 জলে দ্রবীভূত হইয়া H_2SO_3 উৎপন্ন করে। ক্লোরিন জলের উপস্থিতিতে ইহাকে H_2SO_4 করে।

$$H_2SO_3+H_2O+Cl_2=H_2SO_4+2HCl.$$

(ঘ) ক্লোরিন অ্যামোনিয়াকে জারিত করিয়া নাইট্রোজেন গঠন করে। অতিরিক্ত ক্লোরিন থাকিলে নাইট্রোজেন ট্রাইক্লোরাইড (trichloride) উৎপন্ন হয়। ইহা অত্যন্ত বিস্ফোরক পদার্থ।

$$2NH_3+3Cl_2=N_2+6HCl$$
$$6HCl+6NH_3=6NH_4Cl$$
$$3Cl_2+8NH_3=6NH_4Cl+N_2$$
$$3Cl_2+NH_3=NCl_3+3HCl.$$

(ঙ) ক্লোরিন ব্রোমাইড ও আয়োডাইড হইতে যথাক্রমে ব্রোমিন ও আয়োডিন মুক্ত করে।

$$2KBr+Cl_2=2KCl+Br_2\ ;\ 2KI+Cl_2=2KCl+I_2\ ;$$

পরীক্ষাঃ (i) একটি পরীক্ষানলে KBr ও আর একটি পরীক্ষানলে KI দ্রবণ লও। উহাতে ক্লোরিন-জল দাও। প্রত্যেক পরীক্ষা-নলে একটু কারবন ডাইসাল্‌ফাইড (CS_2) দিয়া নাড়। মুক্ত ব্রোমিন ও আয়োডিন কারবন ডাইসালফাইডে দ্রবীভূত হয়। দ্রবের বর্ণ যথাক্রমে বাদামি ও বেগুনি হয়।

(vi) **বিরঞ্জন** (Bleaching) **গুণ**: আর্দ্রতার (moisture) উপস্থিতিতে ক্লোরিন গ্যাস উদ্ভিজ (vegetable) রঙিন দ্রব্যকে বর্ণশূন্য করে। ক্লোরিন প্রথমে H_2Oর সহিত ক্রিয়া করিয়া জায়মান O উৎপন্ন করে। এই জায়মান O রঙিন দ্রব্যকে বিরঞ্জন করে। সুতরাং শুষ্ক ক্লোরিন শুষ্ক দ্রব্যকে বিরঞ্জন করে না। ক্লোরিন জারণ দ্বারা বিরঞ্জন করে। কারণ রং হইতে উৎপন্ন জারিত পদার্থ বর্ণশূন্য হয়।

পরীক্ষা: কতকগুলি **শুষ্ক** ক্লোরিনপূর্ণ গ্যাসজার লও। এক-একটি জারে **শুষ্ক** অবস্থায় সবুজ ফুল, লাল বা নীল লিটমাস কাগজ, লাল কাপড়ের টুকরা, লিখিবার কালি দিয়া বা ছাপা কালি দিয়া বা পেন্সিল দিয়া লেখা কাগজের টুকরা রাখ। কোন দ্রব্যই বিরঞ্জিত হয় না। প্রত্যেক জারে একটু একটু **জল** ছিটাইয়া দাও। পেন্সিল ও ছাপা কালির দাগ ব্যতীত সকল দ্রব্যই বিরঞ্জিত হয়। পেন্সিলে ও ছাপা কালিতে কারবন থাকে। ক্লোরিন কারবনের সঙ্গে কোন ক্রিয়া করে না।

(vii) ক্লোরিন কারবন মনোক্সাইডের সঙ্গে যুক্ত হইয়া ফসজেন (Phosgene) নামক বিষাক্ত গ্যাস প্রস্তুত করে; $CO+Cl_2=COCl_2$.

(viii) **ক্লোরিনের নিষ্ক্রিয়তা**: একেবারে শুষ্ক ক্লোরিন হাইড্রোজেন বা ধাতুর সহিত ক্রিয়া করে না।

১৬৪। **ক্লোরিনের পরীক্ষা**: (i) ক্লোরিনকে তাহার হরিদ্রাভ বর্ণ, শ্বাসরোধকারী গন্ধ, রংনাশক গুণ দ্বারা চেনা হয়।

(ii) ফিল্‌টার কাগজকে পর পর শ্বেতসার (starch) দ্রবণে ও KI-দ্রবণে সিক্ত করিয়া সেই কাগজকে (iodised starch paper) ক্লোরিন গ্যাসে ধরিলে উহা নীলবর্ণ হয়। ক্লোরিন KI হইতে আয়োডিনকে মুক্ত করে। মুক্ত আয়োডিন শ্বেতসারকে নীল করে। কোন ক্লোরাইড দ্রবণের সঙ্গে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ মিশাইলে সিলভার ক্লোরাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়।

১৬৫। **ব্যবহার**: (i) ক্লোরিন কাগজ ও বস্ত্রশিল্পে ও পেট্রোলিয়াম শিল্পে বিরঞ্জক হিসাবে, (ii) জলের বীজাণুনাশক ও অ্যান্টিসেপটিক হিসাবে, (iii) ব্লিচিং পাউডার, ক্লোরোফর্ম, ব্রোমিন প্রভৃতি দ্রব্য প্রস্তুতে, (iv) বিশুদ্ধ HCl, বিষাক্ত বাষ্প (যথা mustard gas, phosgene gas, chloropicrine gas) প্রস্তুতে এবং সোনা নিষ্কাষনে ব্যবহৃত হয়।

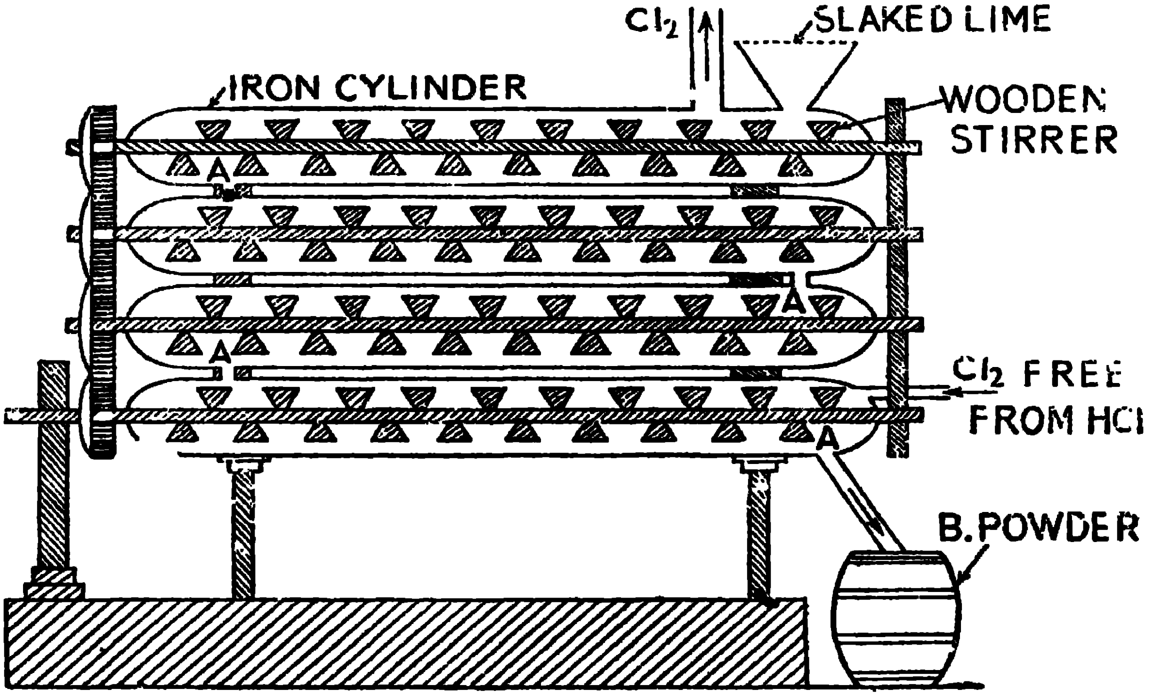
ব্লিচিং পাউডার (Bleaching Powder) $Ca(OCl)Cl$:

১৬৬। পণ্যোৎপাদন : নীতি : শুষ্ক কলিচুনের (slaked lime) উপর সাধারণ উষ্ণতায় (40°C) ক্লোরিনের ক্রিয়ায় ব্লিচিং পাউডার Ca(OCl)Cl উৎপন্ন হয় ; $Ca(OH)_2+Cl_2=Ca(OCl)Cl+H_2O$. এই ক্রিয়ায় তাপ উদ্ভূত হয়। অধিক উষ্ণতায় ক্রিয়া ব্যহত হয়। সেইজন্য ক্রিয়ার সময় যাহাতে উষ্ণতা 40°C-এর উপরে না উঠে তাহার ব্যবস্থা থাকে।

(ক) **ওয়েলডন প্রণালীতে প্রাপ্ত ক্লোরিন বা তড়িৎ বিশ্লেষণে প্রাপ্ত গাঢ় ক্লোরিন হইতে** (i) একসারি কয়েকটি (সাধারণতঃ দশটি) সীসার (lead) বায়ু-নিরুদ্ধ প্রকোষ্ঠে 3″ গভীর স্তরে প্রায়-শুষ্ক (আর্দ্রতার পরিমাণ 4%-এর বেশী না হয়) কলিচুন $Ca(OH)_2$ ছড়াইয়া রাখা হয়। প্রত্যেক প্রকোষ্ঠের তলদেশ কংক্রীট দ্বারা নির্মিত হয়। কংক্রীটের ভিতরে কয়েকটি নল থাকে। নলের মধ্য দিয়া শীতল ব্রাইন প্রবাহিত করিয়া প্রকোষ্ঠের উষ্ণতা 40°C-এর মধ্যে রাখা হয়। (ii) $Ca(OH)_2$ স্তরকে কাঠের হাতা দ্বারা আচড়াইয়া (furrowed) দেওয়া হয় যাহাতে ক্লোরিন সমভাবে শোষিত হইতে পারে। (iii) উপরোক্ত উপায়ে প্রাপ্ত শুষ্ক ক্লোরিন গ্যাসকে CO_2 ও HCl মুক্ত করিয়া একটু বায়ুর সহিত মিশ্রিত করিয়া প্রকোষ্ঠের উপরের একটি নল দিয়া প্রকোষ্ঠে ঢোকানো হয়। প্রকোষ্ঠে মাঝে মাঝে $Ca(OH)_2$ কে নাড়িয়া দিবার জন্য কাঠের আলোড়ক (stirrer) থাকে। ক্লোরিন খুব দ্রুত শোষিত হয়। প্রকোষ্ঠের দেওয়ালের কাচ দিয়া ভিতরের ক্লোরিন গ্যাসের বর্ণ দেখিয়া বুঝা যায় যায় যে ক্লোরিনের শোষণ কমিয়া আসিয়াছে। তখন কলিচুনকে আড়োলক দ্বারা নাড়িয়া দেওয়া হয়। (iv) প্রায় 40 ঘণ্টায় প্রক্রিয়া সম্পূর্ণ হয়। এই সময় বৈদ্যুতিক পাখার সাহায্যে কলিচুনের সামান্য গুঁড়া প্রকোষ্ঠের ভিতরে ধুলার মত ছড়াইয়া (dusting) দেওয়া হয়। (v) প্রকোষ্ঠ খুলিয়া কোদাল দিয়া পাউডারকে প্রকোষ্ঠের ছিদ্র (ports) দিয়া পিপেতে ঢালা হয়। ক্রিয়ার সময় এই ছিদ্র কাঠ দিয়া বন্ধ করা থাকে। পিপার মুখ বন্ধ করিয়া বাজারে বিক্রয় করা হয়।

(খ) **অতি পাতলা ক্লোরিন হইতে** (Deacon পদ্ধতিতে প্রাপ্ত) : নিম্নলিখিত যন্ত্র ব্যবহার করিয়া অতি পাতলা ক্লোরিন হইতেও ব্লিচিং পাউডার প্রস্তুত করা যায়। ইহাকে **হাসেনক্লেভারের** যন্ত্র বলে। কতকগুলি ঢালাই লোহার দীর্ঘ স্তম্ভক পর পর একটার উপর আর একটা অনুভূমিকভাবে রাখা হয়। ইহারা পরস্পর নল দিয়া যুক্ত থাকে। প্রত্যেক স্তম্ভক একটি ধীরে

ধীরে ঘূর্ণায়মান স্ক্রুর সহিত যুক্ত থাকে। প্রত্যেক স্ক্রুর সঙ্গে দীর্ঘ আলোড়ক (stirrer) যুক্ত থাকে। প্রত্যেক স্তম্ভকের ভিতরটা আল্‌কাতরা ও অগ্নিসহ



৮১নং চিত্র—ব্লিচিং পাউডারের পণ্যোৎপাদন

মৃত্তিকাদ্বারা নির্মিত হয়। সর্বোচ্চ স্তম্ভকের মাথায় একটি শঙ্কু-আকৃতির চোঙে শুষ্ক কলিচুন ঢালা হয় এবং যান্ত্রিক আলোড়ক দিয়া প্রত্যেক স্তম্ভকের একপ্রান্ত হইতে অপরপ্রান্তে কলিচুনকে ঠেলিয়া দেওয়া হয়। তথা হইতে নির্গম-পথে পরের স্তম্ভকে কলিচুন চলিয়া যায়। এইভাবে কলিচুন সবকয়টা স্তম্ভক অতিক্রম করে। সর্বনিম্ন স্তম্ভকের শেষ প্রান্তের ভিতর দিয়া ক্লোরিন ঢোকানো হয়। উপর হইতে কলিচুন নামে, নীচে হইতে ক্লোরিন গ্যাস উঠে। বিপরীত স্রোতের নীতিতে (counter current principle) ও ক্রমশঃ আবর্তনের জন্য কলিচুন ক্লোরিন গ্যাসকে ভালভাবে শোষণ করে।

সর্বনিম্ন স্তম্ভক হইতে ব্লিচিং পাউডারকে একবারে পিপেতে ঢালা হয়। স্তম্ভকের বাহির দিয়া শীতল জলস্রোত প্রবাহিত করিয়া উষ্ণতা নিয়ন্ত্রণ করা হয় (৮১নং চিত্র)।

১৬৭। **ধর্ম :** (i) ব্লিচিং পাউডার সাদা অনিয়তাকার গুঁড়া। (ii) ইহা হইতে ক্লোরিনের তীব্র গন্ধ পাওয়া যায়। ইহা জলীয় বাষ্প শোষণ করে কিন্তু ইহা উদ্‌গ্রাহী নয়। (iii) বায়ুতে রাখিলে বায়ুর CO_2 দ্বারা ইহা বিশ্লিষ্ট

হইয়া ক্লোরিন ত্যাগ করে: $Ca(OCl)Cl + CO_2 = CaCO_3 + Cl_2$. সেইজন্য খোলা অবস্থায় রাখিলে ইহা হইতে মুক্ত ক্লোরিনের গন্ধ পাওয়া যায় এবং ব্লিচিং পাউডারের বিরঞ্জন ক্ষমতা হ্রাস পায়। ব্লিচিং পাউডার ও জলের মিশ্রণের সহিত সোডিয়াম কারবনেট যোগ করিলে $CaCO_3$ অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$Ca(OCl)Cl + Na_2CO_3 = CaCO_3 + NaOCl + NaCl$$

(iv) ব্লিচিং পাউডার জলে আংশিক দ্রাব্য। ইহা জলের সহিত ক্রিয়া করিলে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ও হাইপোক্লোরাইট উৎপন্ন হয়:

$$2Ca(OCl)Cl + [H_2O] = CaCl_2 + Ca(OCl)_2 + [H_2O].$$

(v) অতি ক্ষীণ (weak) অ্যাসিড বা অতি পাতলা (dilute) খনিজ অ্যাসিডের সঙ্গে ক্রিয়ায় ব্লিচিং পাউডার HOCl দেয়: $Ca(OCl)Cl + HCl = CaCl_2 + HOCl$; সাধারণ পাতলা অ্যাসিড ক্লোরিন দেয়: $Ca(OCl Cl + 2HCl = CaCl_2 + HCl + HOCl = CaCl_2 + H_2O + Cl_2$;

$$Ca(OCl)Cl + H_2SO_4 = CaSO_4 + HCl + HOCl = CaSO_4 + H_2O + Cl_2.$$

(vi) **প্রাপ্য ক্লোরিন**: শুষ্ক এক গ্রাম-আণবিক ওজনের (গ্রামে প্রকাশিত আণবিক ওজন 131 গ্রাম) ব্লিচিং পাউডারের সহিত পাতলা অ্যাসিডের ক্রিয়ার যে পরিমাণ Cl_2 পাওয়া যায় তাহাকে **প্রাপ্য** (available) **ক্লোরিন** বলে। ব্লিচিং পাউডারের বিরঞ্জক ও জারণ-ধর্ম এই প্রাপ্য ক্লোরিনের উপর নির্ভর করে। ব্লিচিং পাউডারে 35·40% প্রাপ্য ক্লোরিন থাকে। প্রমাণ (standard) সোডিয়াম আরসেনাইট দ্রবণ দ্বারা প্রাপ্য ক্লোরিনের পরিমাণ মাপা হয়।

(vii) ব্লিচিং পাউডারের উপর গাঢ় অ্যামোনিয়ার দ্রবণ যোগ করিলে নাইট্রোজেন গ্যাস উদ্ভূত হয়। $3Ca(OCl)Cl + 2NH_4OH = 3CaCl_2 + N_2 + 5H_2O$.

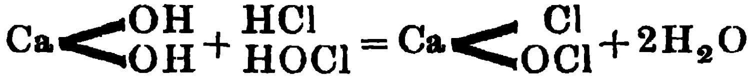
(viii) **জারক**: অনুঘটক কোবাল্ট অক্সাইডের উপস্থিতিতে ব্লিচিং পাউডার বিশ্লিষ্ট হইয়া অক্সিজেন উৎপন্ন হয়; $2Ca(OCl)Cl = 2CaCl_2 + O_2$। ইহা KI হইতে I_2কে মুক্ত করে; $Ca(OCl)Cl + 2KI + 2HCl = CaCl_2 + 2KCl + H_2O + I_2$. সুতরাং ব্লিচিং পাউডার জারক দ্রব্য।

১৬৮। **ব্যবহার**: ইহা বীজাণুনাশক হিসাবে, জলকে বীজাণুশূন্য করিতে, ক্লোরোফর্ম প্রস্তুতে, কাগজের মণ্ডশিল্পে, তুলা ও বস্ত্রশিল্পে বিরঞ্জক হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

১৬৯। **বিরঞ্জন প্রণালী** (Process of bleaching) : প্রথমে তৈলাক্ত (greasy) দ্রব্য মুক্ত করিবার জন্য কাপড়কে (yarn বা cloth) পাতলা NaOH দ্রবণে ফুটাইয়া জলে ধৌত করিতে হয়। তৎপরে ব্লিচিং পাউডারের ঠাণ্ডা পাতলা দ্রবণে ডুবাইয়া কাপড়কে হয় বাতাসে কয়েক ঘণ্টা রাখিতে হয় কিংবা পাতলা HCl বা অ্যাসেটিক অ্যাসিডে ডুবাইতে হয়। উত্থিত ক্লোরিন কাপড়কে রং-মুক্ত করে। বিরঞ্জিত কাপড়কে পর পর জলে, Na_2CO_3 দ্রবণে ও (Cl_2কে মুক্ত করিবার জন্য) সোডিয়াম সাল্‌ফাইট দ্রবণে ডুবাইয়া পুনরায় জলে ধৌত করা হয়।

১৭০। **ব্লিচিং পাউডারের সংকেত :** ব্লিচিং পাউডার বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায় না। ইহার সহিত কিছু কলিচুন ও জল মিশ্রিত থাকে। সেইজন্য ইহার সংকেত নির্দিষ্ট ভাবে নির্ণয় করা শক্ত। বিভিন্ন বৈজ্ঞানিক ব্লিচিং পাউডারের কয়েকটি সংকেত প্রস্তাব করিয়াছেন ; তন্মধ্যে ওডলিং (Odling) এর সংকেত গ্রহণযোগ্য এবং ইহাই প্রচলিত আছে।

ওডলিং ইহার সংকেত Ca(OCl)Cl অর্থাৎ ক্যালসিয়ামের ক্লোরো-হাইপোক্লোরাইট স্থির করেন। ইহা নিম্নলিখিত কারণে গ্রহণযোগ্য : (i) এই সংকেত দ্বারা ইহার গঠনের ক্রিয়া ভালভাবে প্রকাশ করা যায় : $Cl_2 + H_2O = HCl + HOCl.$



$$\mathrm{Ca}<\begin{matrix}\mathrm{OH}\\ \mathrm{OH}\end{matrix}+\begin{matrix}\mathrm{HCl}\\ \mathrm{HOCl}\end{matrix}=\mathrm{Ca}<\begin{matrix}\mathrm{Cl}\\ \mathrm{OCl}\end{matrix}+2H_2O$$

(ii) এই সংকেত $CaCl_2$-এর অস্তিত্ব দেখায় না। ব্লিচিং পাউডার উদগ্রাহী নয়। কোহলে ব্লিচিং পাউডার হইতে কোন $CaCl_2$ দ্রবীভূত হয় না। ব্লিচিং পাউডার জলের সহিত $CaCl_2$ উৎপন্ন করে।

(iii) ব্লিচিং পাউডার হইতেই প্রাপ্য ক্লোরিনের পরিমাণ এই সংকেতের সঙ্গে সঙ্গতি রক্ষা করে।

(iv) এই সংকেত ব্লিচিং পাউডারের সকল ক্রিয়া প্রকাশ করে।

অনেকের মতে ইহা একাধিক যৌগিক পদার্থের মিশ্রণ।

হ্যালোজেন (Halogen)

১৭১। ফ্লোরিন, ক্লোরিন, ব্রোমিন, আয়োডিন—এই চার মৌল মিলিয়া **হ্যালোজেন** নামক একটি অদ্ভুত পরিবার গঠন করে। 'হ্যালোজেন'

কথার অর্থ 'সামুদ্রিক লবণ উৎপাদক' (Hals = sea-salt, genas produce) । এই মৌলগুলির সোডিয়াম লবণ ও সামুদ্রিক লবণ একই ধরনের। এই পরিবারের মৌলগুলির ও ইহাদের যৌগগুলির ভৌত ও রাসায়নিক গুণাবলীর মধ্যে মোটামুটি সাদৃশ্য দেখা যায়। ইহাদের পারমাণবিক ওজন-বৃদ্ধির সঙ্গে রাসায়নিক ক্রিয়াশীলতা হ্রাস পায়। ইহাদের তুলনামূলক বিবরণ পরে দেওয়া হইয়াছে।

ফ্লোরিন (Fluorine)

সংকেত—F পাঃ ওঃ—19 যোজ্যতা—1

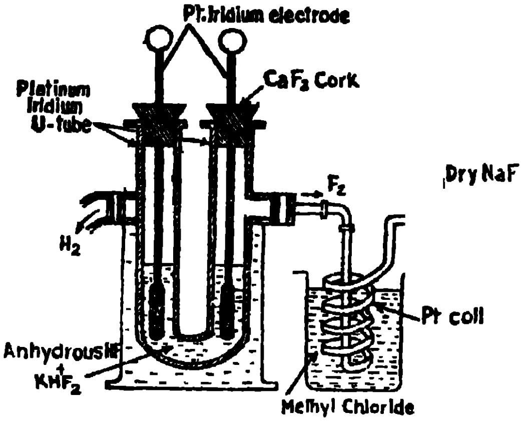
১৭২। **অবস্থান :** (i) ফ্লোরিন অত্যন্ত ক্রিয়াশীল পদার্থ, প্রায় সকল পদার্থের সহিত ইহা ক্রিয়া করে ; সেইজন্য ইহাকে প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না। (ii) ইহার প্রধান প্রাকৃতিক যৌগ : (ক) **ফ্লুওরস্পার** (Fluorspar ; CaF_2) ; (খ) **ফ্লুওর অ্যাপাটাইট** (Fluor apatite ; $CaF_2, 3Ca_3(PO_4)_2$) ; (গ) **ক্রায়োলাইট** (Cryolite ; $AlF_3, 3NaF$) ;

প্রাণীর দাঁতে (3%), খনিজ জলে, শামুকের খোলায় সামান্য ফ্লোরিন থাকে।

১৭২ (ক)। **ফ্লোরিন প্রস্তুতি :** ফ্লোরিন অত্যন্ত ক্রিয়াশীল মৌল। ইহা কাচ, প্লাটিনাম অথবা কয়লার পাত্রকেও নষ্ট করিয়া দেয়। ফ্লোরিন জলকে আক্রমণ করে এবং হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড (HF) উৎপন্ন হয়। অনার্দ্র HF তড়িৎ পরিবহন করে না এবং HF খুব বিষাক্ত ও খুব উদ্বায়ী পদার্থ। এই সকল কারণে ফ্লোরিনকে খনিজ হইতে পৃথক করা (isolation) অনেকদিন পর্যন্ত সম্ভব হয় নাই।

গোর (Gore) আবিষ্কার করেন যে, অনার্দ্র হাইড্রোফ্লুওরিক অ্যাসিডে (HF) পটাসিয়াম হাইড্রোজেন ফ্লুওরাইড (KHF_2, Fremy's salt) মিশ্রিত করিলে দ্রবণ তড়িৎবাহী হয়। ময়সঁা (Moissan) এই আবিষ্কারের সুযোগ গ্রহণ করেন। ময়সঁা প্লাটিনাম-ইরিডিয়ামের সংকর ধাতুর U-নলে অনার্দ্র তরল HF-এর মধ্যে পটাসিয়াম হাইড্রোজেন ফ্লোরাইডের (KHF_2) দ্রবণকে একই সংকর ধাতুর তড়িৎ-দ্বার ব্যবহার করিয়া তড়িৎ-বিশ্লেষণ করেন। U-নলের মুখ CaF_2-এর ছিপি দিয়া বন্ধ করেন। ছিপির মুখ গালা দ্বারা বন্ধ করেন ;

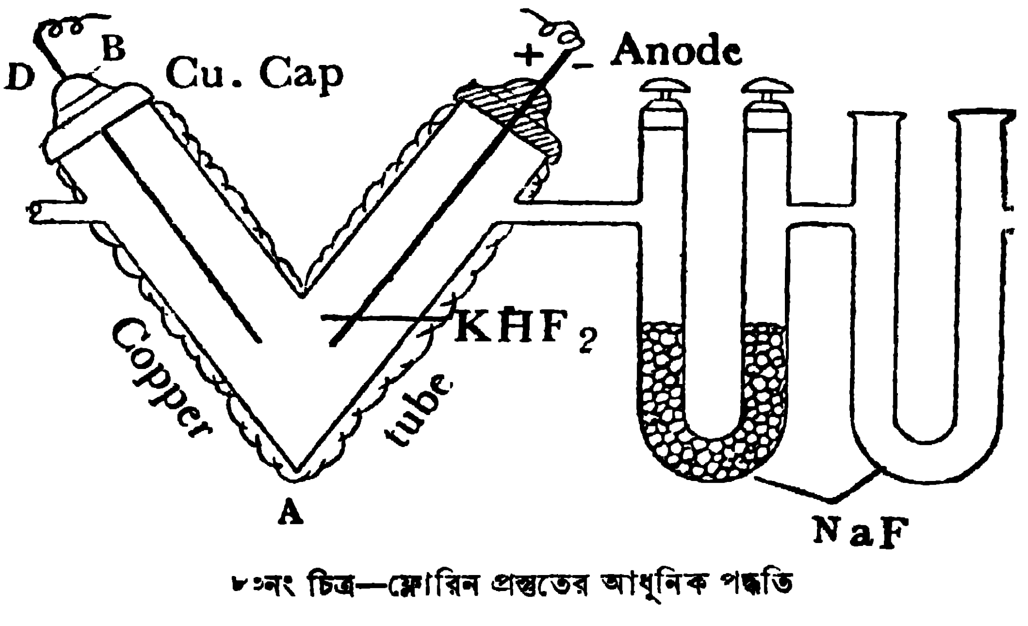
U-নলকে একটি বড় পাত্রে তরল মিথাইল ক্লোরাইডের মধ্যে বসান। তিনি দ্রবণের উষ্ণতা কমাইবার জন্য ফুটন্ত মিথাইল ক্লোরাইড ব্যবহার করেন ইহাতে পাত্রের উষ্ণতা $-23°C$তে নামিয়া আসে। ক্যাথোডে H_2 মুক্ত হইয়া বাহির হয়। অ্যানোডে F_2 মুক্ত হইয়া বাহির হয়। তিনি উহাকে মিথাইল ক্লোরাইডে বসানো প্লাটিনাম শীতক-নলের মধ্যে অতিক্রম করাইয়া এবং পরে শুষ্ক NaF-এর মধ্য দিয়া অতিক্রম করাইয়া প্লাটিনাম পাত্রে সংগ্রহ করেন।



৮২নং চিত্র—ময়সার ফ্লোরিন প্রস্তুতি

পরে ময়সাঁ দেখান যে কপারের U-নল ব্যবহার করিলে প্রথমে কপার ফ্লোরাইড উৎপন্ন হইয়া নলের ভিতর আস্তরণ (lining) পড়িলে আর কোন ক্রিয়া হয় না।

১৭৩। **ফ্লোরিন প্রস্তুতের আধুনিক পদ্ধতিঃ** (i) খুব ভারী V আকারের তামার A পাত্রের দুই বাহুর মাথায় তামার টুপি (Cu-Cap) লাগানো থাকে। (ii) দুই বাহুতে অন্তরক (insulator) বেকেলাইটের ছিপি B-এর মধ্য দিয়া গ্রাফাইট তড়িৎদ্বার D ঢোকানো হয়। জোড়ের মুখ সিমেন্ট দ্বারা বন্ধ করা হয়। (iii) পাত্রে KHF_2কে রাখিয়া পাত্রের চারিদিকে তড়িৎবাহী তার দিয়া আবৃত করিয়া পাত্রকে তড়িৎ-প্রবাহ দ্বারা উত্তপ্ত



৮৩নং চিত্র—ফ্লোরিন প্রস্তুতের আধুনিক পদ্ধতি

করিতে হয়। ইহাতে KHF_2 (গলনাঙ্ক 217°) গলিয়া যায়। (iv) তড়িৎ-দ্বার দিয়া পাত্রে তড়িৎ প্রবাহিত করিলে KHF_2 বিশ্লিষ্ট হইয়া ফ্লোরিন গ্যাস অ্যানোডে উদ্ভূত হয় এবং পার্শ্বের নির্গম-নল দিয়া বাহির হইয়া কতকগুলি তামার U-নলে স্থাপিত শুষ্ক NaF-এর মধ্য দিয়া অতিক্রম করে এবং ইহা মিশ্রিত HF বাষ্প হইতে সম্পূর্ণরূপে মুক্ত হয়। (v) পরে ফ্লোরিন গ্যাসকে বায়ুর অপভ্রংশ দ্বারা প্লাটিনাম পাত্রে সংগ্রহ করা হয়।

$$KHF_2 = KF + HF \text{ (উত্তাপের ফলে) };\ KF = K^+ + F^-$$
$$K^+ + K^+ + 2e = 2K$$

ক্যাথোডে পটাসিয়াম মুক্ত হয়।

$$K + HF = KF + H;\quad H + H = H_2;$$

অ্যানোডে ফ্লোরিন মুক্ত হয়। $F^- + F^- = 2e + F_2$.

১৭৪। **ধর্ম : ভৌত :** (i) ফ্লোরিন ফিকে হরিদ্রাবর্ণ গ্যাস। (ii) ইহার গন্ধ তীব্র ও শ্বাসরোধকারী। (iii) ইহা −187°Cএ তরল হয় এবং −223°Cএ কঠিন হয়। (iv) ইহা বায়ু অপেক্ষা ভারী গ্যাস।

রাসায়নিক : (i) ফ্লোরিন গ্যাস সর্বাপেক্ষা ক্রিয়াশীল পদার্থ; O, N, He ও A ব্যতীত সকল মৌলের সঙ্গে ইহা সাক্ষাৎভাবে রাসায়নিক ক্রিয়া করে। ইহা পরোক্ষভাবে O ও N-এর সঙ্গে যুক্ত হয়।

(ii) **H_2-এর ক্রিয়া :** H_2-এর প্রতি F-এর আসক্তি খুব বেশী : ইহা এমন কি অন্ধকারেও এবং −253°C উষ্ণতাতেও বিস্ফোরণের সঙ্গে H_2-এর সঙ্গে যুক্ত হয়। F-হাইড্রোজেনের যৌগ হইতেও Hকে বাহির করিয়া তাহার সঙ্গে ক্রিয়া করে। $H_2 + F_2 = 2HF$। $2HCl + F_2 = 2HF + Cl_2$.

(iii) **জলের সহিত ক্রিয়া :** ইহা জলকে সাধারণ উষ্ণতায় বিশ্লিষ্ট করিয়া HF, অক্সিজেন ও ওজোন (O_3) উৎপন্ন করে : $2H_2O + 2F_2 = 4HF + O_2$, $3F_2 + 3H_2O = 6HF + O_3$.

(iv) **বায়ুর সহিত ক্রিয়া :** ইহা আর্দ্র বায়ুর জলের সহিত ক্রিয়া করিয়া HF-এর ধোঁয়া উৎপন্ন করে। ইহা শুষ্ক বায়ুতে ধোঁয়া উৎপন্ন করে না।

(v) সমস্ত জৈব পদার্থ ফ্লোরিন দ্বারা আক্রান্ত হয়। তার্পিন তৈলে ও বেনজিনে ফ্লোরিন গ্যাস দিলে ইহারা জ্বলিয়া উঠে।

(vi) **ধাতুর সহিত ক্রিয়া :** ইহা সকল ধাতুর সহিত ক্রিয়া করিয়া **ফ্লোরাইড** (flouride) নামক ধাতব লবণ উৎপন্ন করে। Na, K প্রভৃতি

ধাতু সহজেই সাধারণ উষ্ণতায় ফ্লোরিনে জ্বলিয়া উঠে। Ag, Al, Ni, Fe, Zn, Mg প্রভৃতি ধাতু একটু গরম করিলে জ্বলিয়া উঠে ; Au, Pt প্রভৃতি ধাতু উচ্চ উষ্ণতায় জ্বলে। Cu-এর উপর ফ্লোরাইডের স্তর পড়ে। ধাতুগুলি খুব সূক্ষ্ম অবস্থায় স্বতঃই ইহাতে জ্বলিয়া উঠে।

(vii) **অধাতুর সহিত ক্রিয়া :** আয়োডিন, ফসফরাস, সালফার, সিলিকন, কারবন প্রভৃতি অধাতুকে ফ্লোরিন গ্যাসে রাখিলে স্বতঃই জ্বলিয়া উঠে এবং ফ্লোরাইড উৎপন্ন হয় ; যথা PF_3, PF_5, CF_4, SiF_4. As ও Sb ধাতু-কল্পও ফ্লোরিন গ্যাসে জ্বলে।

(viii) Cl, Br ও I-এর যৌগ হইতে ফ্লোরিন অন্য হ্যালোজেনকে মুক্ত করে ; $2NaX + F_2 = 2NaF + X_2 (X = Cl, Br$ বা $I)$.

(ix) ফ্লোরিন পাতলা NaOH দ্রবের সহিত ফ্লোরিন অক্সাইড F_2O উৎপন্ন করে এবং তীব্র (Conc.) NaOH দ্রবের সঙ্গে F_2O বিশ্লিষ্ট হইয়া অক্সিজেন উৎপন্ন করে : $2F_2 + 2NaOH = 2NaF + H_2O + F_2O$; $F_2O + 2NaOH = 2NaF + H_2O + O_2$ ।

(x) ফ্লোরিন শক্তিমান **জারক :** ইহা পটাসিয়াম ক্লোরেটকে ($KClO_3$) পটাসিয়াম পারক্লোরেটে ($KClO_4$) এবং সোডিয়াম কারবনেটকে (Na_2CO_3) সোডিয়াম পারকারবোনেটে ($Na_2C_2O_6$) পরিবর্তিত করে।

(xi) ফ্লোরিন SO_2, H_2S, NH_3 ও এমন কি SiO_2কে বিশ্লিষ্ট করে।

(xii) তরল ফ্লোরিন তত ক্রিয়াশীল নয়।

১৭৪ (ক)। **হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিড** (Hydrofluoric Acid HF) : ইহার লবণ (ফ্লোরাইড) প্রকৃতিতে পাওয়া যায় যথা, ফ্লুয়োরস্পার ও ক্রায়োলাইট।

প্রস্তুতি : (i) লেডনির্মিত বকযন্ত্রে ক্যালসিয়াম ফ্লুয়োরাইডের (CaF_2) সঙ্গে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া মিশ্রণকে বালিগাহে সামান্য উত্তাপে পাতিত করিয়া উৎপন্ন HF গ্যাসকে লেডের বোতলে জলে দ্রবীভূত করিলে HF-এর জলীয় দ্রবণ পাওয়া যায়।

$$CaF_2 + H_2SO_4 = CaSO_4 + 2HF.$$

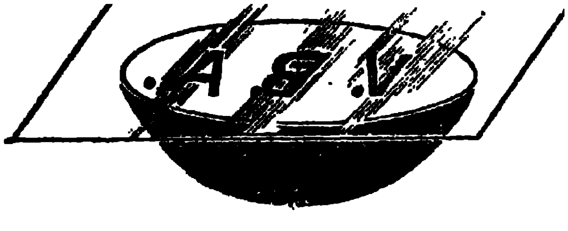
অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ কাচপাত্রকে ক্ষয় করে। সেইজন্য লেড পাত্রে ইহাকে সংগ্রহ করা হয়। ইহার জলীয় দ্রবণ গাটাপার্চার বোতলে বা ভিতরে মোমের প্রলেপ দেওয়া কাচের বোতলে বাজারে পাঠানো হয়।

(ii) অনার্দ্র তরল HF পাইতে হইলে শুষ্ক পটাসিয়াম হাইড্রোজেন ফ্লুয়োরাইড বা ক্রেমির লবণকে প্লাটিনাম বকযন্ত্রে উত্তপ্ত করিয়া উৎপন্ন গ্যাসকে প্লাটিনাম শীতকের মধ্য দিয়া অতিক্রম করাইয়া বরফ ও লবণের মিশ্রণে অবস্থিত প্লাটিনাম গ্রাহকে সংগ্রহ করা হয় : $KHF_2 = KH + HF$. ইহাতে সামান্য জল থাকিলে ইহাতে দুইটি প্লাটিনাম তার ডুবাইয়া তড়িৎ প্রবাহিত করিলে জল বিশ্লিষ্ট হইয়া যায় এবং অনার্দ্র HF পাওয়া যায়। ইহার ভিতর দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হয় না। প্লাটিনাম পাত্রে HFকে K_2CO_3 দিয়া প্রশমিত করিয়া KF প্রস্তুত করা হয়। তৎপরে ইহার সহিত সমপরিমাণ HF যোগ করিয়া কেলাসিত করিলে KHF_2 প্রস্তুত হয়।

ধর্ম : HF সাধারণ উষ্ণতায় বর্ণহীন গ্যাস। ইহা 19·5° সেঃ উষ্ণতায় তরল হয়। তরল HF বায়ুর সংস্পর্শে ধোঁয়া ছাড়ে। HF খুব বিষাক্ত পদার্থ। ইহা সাধারণতঃ যুক্ত অণু উৎপন্ন করে। 88°C উষ্ণতায় ইহার সংকেত HF কিন্তু স্ফুটনাঙ্কের উপর ইহার সংকেত H_3F_3। ইহা খুব ক্রিয়াশীল অ্যাসিড। ইহা Ca, Na, K, Ag, Cu প্রভৃতি ধাতুকে দ্রবীভূত করে।

১৭৫। হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিডের ব্যবহার : ইহা কাচের উপর খোদাইকার্যে, ঢালাই লৌহ দ্রব্য হইতে বালি অপসারণে, পেট্রোলিয়াম খনিতে গর্ত করিবার জন্য বালির শেষ স্তর অপসারণে ব্যবহৃত হয়। ফ্লুয়োরাইড কোহল-শিল্পে, বীজাণুনাশকরূপে, কাষ্ঠ সংরক্ষণে ব্যবহৃত হয়।

কাচ-খোদাই (Etching of glass) : সিলিকার (SiO_2) সহিত হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিড (HF) ক্রিয়া করিয়া গ্যাসীয় সিলিকন ফ্লোরাইড উৎপন্ন করে : $SiO_2 + 4HF = SiF_4 + 2H_2O$। কাচে বা পোর্সিলেনে অতিরিক্ত সিলিকা ও সিলিকেট থাকে। HF কাচের সিলিকাকে SiF_4তে পরিণত করে। SiF_4 গ্যাস বলিয়া উপিয়া যায় এবং কাচের গায়ে খোদাই হয়। সেইজন্য প্যারাফিন-আস্তরণযুক্ত কাচের বোতল কিংবা গাটাপার্চা বোতলে HFকে রাখা হয়।



৮৪নং চিত্র—কাচের উপর খোদাই

পরীক্ষা : কাচ-দ্রব্যের এক-পাশে প্যারাফিন গলাইয়া আবৃত কর। প্যারাফিনের উপর HF-এর কোন ক্রিয়া হয় না। একটি সরু নিব দিয়া

প্যারাফিনের উপর নমুনার নক্‌শা আঁক। নক্‌শার উপর HF-এর জলীয় দ্রবণ ব্রাশ দিয়া লাগাইয়া দাও কিংবা নক্‌শাকে HF গ্যাসে দশ মিনিট রাখ। জল দিয়া কাচ-দ্রব্যকে ধুইলে HF চলিয়া যায়। প্যারাফিনকে ছুরি দিয়া চাঁচিলে বা তাঁর্পিন তেল দিয়া ধুইলে প্যারাফিন চলিয়া যায়। কাচের গায়ে নক্‌শার দাগ পড়ে। এইরূপে থার্মোমিটার, বুরেট, পিপেট, প্রভৃতি অসংখ্য কাচযন্ত্রে চিহ্ন আঁকা হয়।

হ্যালাইডের পার্থক্য: (i) ফ্লোরাইড দ্রবণ $AgNO_3$ দ্রবণে কোন অধঃক্ষেপ দেয় না কিন্তু ক্লোরাইড, ব্রোমাইড ও আয়োডাইড দ্রবণ $AgNO_3$ দ্রবণে সিলভার হ্যালাইডের যথা AgCl, AgBr ও AgI অধঃক্ষেপ দেয়। ইহারা সকলেই পাতলা HNO_3তে অদ্রাব্য কিন্তু AgCl পাতলা NH_4OH দ্রবণে দ্রবীভূত হয়। AgBr ঘন NH_4OH দ্রবণে দ্রবীভূত হয়, AgI ঘন NH_4OH-এ অতি সামান্য দ্রবণীয়। (ii) ফ্লোরাইডে ঘন H_2SO_4 দিলে HF গ্যাস উৎপন্ন হয়। ইহাতে জলসিক্ত কাচদণ্ড ধরিলে কাচদণ্ডে সিলিসিক অ্যাসিডের স্তর গঠন করে। ক্লোরাইডে ঘন H_2SO_4 দিলে HCl গ্যাস উৎপন্ন হয়। ইহাতে NH_4OH সিক্ত কাচদণ্ড ধরিলে NH_4Cl এর সাদা ধোঁয়া উৎপন্ন হয়।

ব্রোমাইডে ঘন H_2SO_4 দিলে ঘোর লাল বর্ণের ব্রোমিন এবং আয়োডাইডে ঘন H_2SO_4 দিলে ঘোর বেগুনী বর্ণের আয়োডিন উৎপন্ন হয়।

ব্রোমিন (Bromine)

সংকেত—Br. পাঃ ওঃ—80, বাষ্প-ঘনাঙ্ক—80, তরলের ঘনাঙ্ক—3·19, স্ফুটনাঙ্ক 59°, হিমাঙ্ক,—9°।

১৭৬। **অবস্থান:** সমস্ত মৌলিক পদার্থের স্বাভাবিক অবস্থায় দুইটা মাত্র তরল যথা পারদ ও ব্রোমিন। 1826 খ্রীস্টাব্দে ব্যালার্ড (Balard) সমুদ্র জল হইতে ইহা আবিষ্কার করেন। প্রকৃতিতে ব্রোমিন মুক্ত অবস্থায় থাকে না। ইহাকে NaBr, KBr, $CaBr_2$ রূপে সমুদ্রজলে, লবণ-খনিতে (বিশেষতঃ জার্মানির স্টাসফার্টের কারনালাইটে KCl, $MgCl_2$ $6H_2O$) পাওয়া যায়।

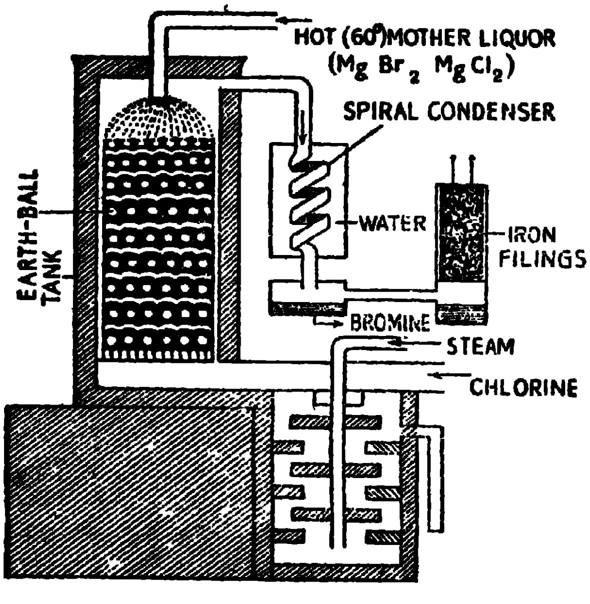
১৭৭। **প্রস্তুতি প্রণালী: পরীক্ষাগার প্রণালী:** (ক) **নীতি:** ব্রোমিন প্রস্তুতের নীতি ক্লোরিন প্রস্তুতের নীতির মত। পটাসিয়াম ব্রোমাইড MnO_2 ও H_2SO_4 দ্বারা জারিত হয়। $2KBr+3H_2SO_4+MnO_2=2KHSO_4+MnSO_4+2H_2O+Br_2$।

পরীক্ষা: (i) একটি ছিপিযুক্ত কাচের বকযন্ত্রে KBr (5 গ্রাম) MnO_2 (15 গ্রাম) ও গাঢ় H_2SO_4 (50% 100 ঘ: সে: মি:) লও।

(ii) বকযন্ত্রের মুখটা একটি ফ্লাস্কের মধ্যে রাখ। ফ্লাস্কের বাহিরটা জলস্রোত দিয়া ঠাণ্ডা রাখ। (iii) বকযন্ত্রকে মৃদু ভাবে গরম কর। (iv) ব্রোমিন মুক্ত হইয়া পাতিত হয় এবং ফ্লাস্কে তরলরূপে জমে। ব্রোমিন ধূমকক্ষে (fume chamber) প্রস্তুত করা উচিত। কারণ ইহার বাষ্প বিষাক্ত।

(খ) কোন তীব্র ব্রোমাইড দ্রবে ক্লোরিন অতিক্রম করাইলে ব্রোমিন মুক্ত হয়: $2KBr+Cl_2=2KCl+Br_2$.

১৭৮। **পণ্যোৎপাদন:** (ক) **কার্নালাইট হইতে:** (i) কার্নালাইটে প্রধানত: KCl, $MgCl_2$, $6H_2O$ থাকে এবং সামান্য KBr, $MgBr_2$, $6H_2O$ অশুদ্ধি থাকে।



৮নং চিত্র—ব্রোমিনের পণ্যোৎপাদন

(ii) কারনালাইটকে জলে দ্রবীভূত করিয়া সেই দ্রবণ ঘনীভূত করিয়া ঠাণ্ডা করিলে কম দ্রাব্য KCl কেলাসিত হয়। ইহাকে পৃথক করা হয়। বেশী দ্রাব্য $MgCl_2$ $MgBr_2$ শেষ দ্রবে (mother liquor) থাকিয়া যায়। ইহাতে 0·25% Br থাকে। ইহাকে বিটার্ন (bittern) বলে।

(iii) গরম (60°C) শেষ-দ্রবকে চীনামাটির বলভর্তি (earthenware ball) স্তম্ভের (tower) মধ্য দিয়া আস্তে আস্তে পড়িতে দেওয়া হয়।

(iv) স্তম্ভের নীচে একটি বড় চৌবাচ্চা (tank) থাকে। এই চৌবাচ্চার

আঁকা-বাঁকা তাকের মধ্য দিয়া ক্লোরিন ও স্টীমের প্রবাহ স্তম্ভের নীচ হইতে উপর দিকে উঠিতে থাকে। ক্লোরিন ব্রোমাইড হইতে ব্রোসিনকে মুক্ত করে। স্টীমের তাপে ব্রোমিন বাষ্পীভূত হইয়া উপরের নল দিয়া বাহির হইয়া মাটির পেঁচানো (spiral) ঘনকে ঘনীভূত হইয়া পাত্রে জমে। কিছু ক্লোরিন ও ব্রোমিন বাষ্প যাহা ঘনক হইতে বাহির হয় তাহা একটি ছোট স্তম্ভে আর্দ্র লোহার-চুর (moist iron fillings) দ্বারা শোষিত হয়। $MgBr_2 + Cl_2 = MgCl_2 + Br_2$; $2KBr + Cl_2 = 2KCl + Br_2$.

ব্রোমিন লোহার সহিত ফেরোসো ফেরিক ব্রোমাইড (Fe_3Br_8) গঠিত হয়। ইহা হইতে KBr উৎপন্ন করিয়া বাজারে বিক্রয় করা হয়।

$$3Fe + 4Br_2 = Fe_3Br_8$$

চৌবাচ্চার দ্রবণে কিছু ব্রোমিন থাকে। ইহাকে স্টীম দ্বারা তাড়াইয়া স্তম্ভে পাঠানো হয়।

(খ) **সমুদ্র বা প্রস্রবণের জল হইতে ঃ** আটলাণ্টিক মহাসমুদ্রের জলে 0·007%, মরুসমুদ্রের জলে 0·042%, ওহিওর প্রস্রবণের জলে ৪·5% ব্রোমিন থাকে। মুক্ত ব্রোমিনের পরিমাণ সামান্য এবং জলের পরিমাণ বেশী হয় বলিয়া ইহা আর্দ্র-বিশ্লিষ্ট (hydrolyse) হইয়া যায় ; $Br_2 + H_2O = HBr + HOBr$। প্রথমে সমুদ্রজল পাম্প করিয়া আনিয়া একটি চৌবাচ্চায় থিতাইয়া পরে এই জল অন্য একটি চৌবাচ্চায় লইয়া এই আর্দ্র-বিশ্লেষণ নিবারণের জন্য প্রতি টন সমুদ্র-জলের সঙ্গে 0·25 পাউণ্ড গাঢ় H_2SO_4 মিশানো হয়। তারপর অ্যাসিডযুক্ত সমুদ্রজলের মধ্য দিয়া ক্লোরিন গ্যাস অতিক্রম করাইলে ক্লোরিন ব্রোমিনকে মুক্ত করে এবং জলে দ্রবীভূত হয়। মুক্ত ব্রোমিনকে দ্রব হইতে বায়ু-প্রবাহ দ্বারা বিতাড়িত করিয়া Na_2CO_3 দ্রবে শোষণ করা হয়। এই দ্রবে অতিরিক্ত HCl অ্যাসিড দিয়া স্টীমের দ্বারা পাতিত করিলে ব্রোমিন পাওয়া যায়।

$$3Na_2CO_3 + 3Br_2 = NaBrO_3 + 5NaBr + 3CO_2.$$

$$NaBrO_3 + 5NaBr + 6HCl = 3Br_2 + 6NaCl + 3H_2O.$$

বিশুদ্ধীকরণ ঃ বাজারের ব্রোমিনে জল, আয়োডিন ও ক্লোরিন অশুদ্ধি থাকে। ইহাদিগকে যথাক্রমে পর পর জলমুক্ত করিতে গাঢ় H_2SO_4, আয়োডিনমুক্ত করিতে ZnO ও ক্লোরিনমুক্ত করিতে KBr-এর সঙ্গে পাতিত করিলে বিশুদ্ধ ব্রোমিন পাওয়া যায়।

১৭৯। **ধর্ম : ভৌত ধর্ম :** (i) সাধারণ উষ্ণতায় ব্রোমিন ভারি ঘোর লাল বর্ণের তীব্র জ্বালা উৎপাদক গন্ধযুক্ত তরল। ইহা সাধারণ উষ্ণতায় একমাত্র তরল অধাতু। (ii) ইহা ক্লোরিন অপেক্ষা বিষাক্ত, চামড়ায় লাগিলে যন্ত্রণাদায়ক ঘা হয়। ইহা কর্ক ও রবারকে ক্ষয় করে। (iii) ইহার ঘনাঙ্ক 3·19 (0°Cকে) সেই জন্য ইহার ভিতর কাচের ছিপি ভাসে। ইহার স্ফুটনাঙ্ক 59°C। ইহা উদ্বায়ী, সেইজন্য ইহা হইতে সর্বদাই লাল বাষ্প উঠে। (iv) ইহা কোহলে, ক্লোরোফর্মে, কারবন ডাই-সাল্‌ফাইডে ও অ্যাসেটিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয়। দ্রবের বর্ণ লাল্‌চে বাদামি হয়।

(v) **ব্রোমিন জল :** ব্রোমিন জলে দ্রাব্য (20°Cতে 3·50%); দ্রবণকে **ব্রোমিন-জল** বলে। দ্রবণের বর্ণ ও গন্ধ ব্রোমিনের মত। ব্রোমিন-জল সূর্যালোকে অক্সিজেন দেয় ; $2Br_2+2H_2O=4HBr+O_2$। দ্রবণকে হিম শীতল করিলে $Br_2,8H_2O$-এ কেলাস পাওয়া যায়।

রাসায়নিক ধর্ম : ব্রোমিনের রাসায়নিক ধর্ম ক্লোরিনের মত তবে কম ক্রিয়াশীল। (i) ব্রোমিন দাহ্য নহে, কিন্তু As, P, K, Cu প্রভৃতি দ্রব্যের গুঁড়া ব্রোমিন-পূর্ণ জারে ফেলিলে স্বতঃই জ্বলিতে থাকে ; $2As+3Br_2=2AsBr_3$; $2P+3Br_2=2PBr_3$; $2K+Br_2=2KBr$; $2P+5Br_2=2PBr_5$,

(ii) ব্রোমন অধিকাংশ ধাতুর সঙ্গে ও অনেক অধাতুর (যথা P, As) সঙ্গে সাক্ষাৎভাবে যুক্ত হইয়া **ব্রোমাইড** লবণ দেয়। ইহা কারবন, নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের সঙ্গে কোন ক্রিয়া করে না। তরল ব্রোমিন সাদা ফসফরাসের সঙ্গে বিস্ফোরণ ঘটায় কিন্তু লাল ফসফরাসের সঙ্গে জ্বলিয়া উঠিয়া PBr_3 ও PBr_5 উৎপন্ন করে। ইহা সোডিয়ামের সঙ্গে সাধারণ উষ্ণতায় ক্রিয়াহীন।

(iii) ব্রোমিন বাষ্প ও হাইড্রোজেন সাধারণ উষ্ণতায় যুক্ত হয় না। ইহারা উত্তপ্ত হইলে যুক্ত হয় ; $H_2+Br_2=2HBr$.

✓(iv) **ক্ষারের সহিত ক্রিয়া :** ব্রোমিন ঠাণ্ডা ও পাতলা NaOH বা KOH বা $Ca(OH)_2$ দ্রবের সঙ্গে হাইপোব্রোমাইট ও ব্রোমাইড দেয় এবং অতিরিক্ত ব্রোমিন গরম গাঢ় NaOH বা KOH-এর সঙ্গে ব্রোমেট ও ব্রোমাইড দেয়।

$Br_2 + 2NaOH = NaBr + NaOBr + H_2O$ (ঠাণ্ডা).

$3Br_2 + 6NaOH = 5NaBr + NaBrO_3 + 3H_2O$ (গরম).

(vi) **ব্রোমিন মৃদু জারক।** ইহা H_2S হইতে সালফারকে, KI হইতে আয়োডিনকে, HI হইতে আয়োডিনকে মুক্ত করে। ইহা সাল্‌ফাইটকে সাল্‌ফেট করে। ইহা SO_2কে জারিত করিয়া H_2SO_4 করে। $H_2S + Br_2 = 2HBr + S$; $2KI + Br_2 = 2KBr + I_2$; $Na_2SO_3 + Br_2 + H_2O = Na_2SO_4 + 2HBr$. $SO_2 + Br_2 + 2H_2O = 2HBr + H_2SO_4$.

(vii) **ব্রোমিন মৃদু বিরঞ্জক**; ইহা লিটমাসকে বর্ণশূন্য করে, শ্বেতসারকে হল্‌দে করে।

১৮০। **পরীক্ষা:** (i) ব্রোমিনের ঘোর লালবর্ণ, (ii) তীব্রগন্ধ, (iii) সাদা শ্বেতসার দ্রবণকে হল্‌দে বর্ণে পরিবর্তন, (iv) CS_2এ লালচে বাদামি বর্ণের দ্রব উৎপাদন—এই সকল গুণ দ্বারা Br_2কে চেনা যায়। (নাইট্রোজেন পারক্সাইডের বর্ণ ব্রোমিনের বাষ্পের মত কিন্তু ইহা CS_2তে অদ্রাব্য, জলে বর্ণহীন দ্রব উৎপন্ন করে।) শ্বেতসার ও KI-এর দ্রবণে সিক্ত কাগজ ব্রোমিনের বাষ্পে নীল হয়। জলে ব্রোমিনের দ্রবণ হল্‌দে হয়।

১৮১। **ব্যবহার:** (i) ব্রোমাইড উৎপাদনে, (ii) বীজাণুনাশক রূপে, (iii) জারকরূপে, (iv) জৈব সংশ্লেষণে (organic synthesis), (v) রঞ্জন প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়। পটাসিয়াম ব্রোমাইড ঔষধে ও সিলভার ব্রোমাইড ফটোগ্রাফিতে ব্যবহৃত হয়। জীবাণুনাশক হিসাবে কিসেলগুড় (Kiesselguhr) নামক মাটিতে শুষিয়া কঠিন ব্রোমিন নামে বাজারে বিক্রয় হয়। ব্রোমিন ইথিল-পেট্রোল প্রস্তুতে লাগে।

আয়োডিন (Iodine)

সংকেত I, পাঃ ভঃ 127, গলনাঙ্ক 114·2°C, স্ফুটনাঙ্ক 184°C, ঘনাঙ্ক 4·94.

১৮২। **অবস্থান:** অন্যান্য হ্যালোজেনের মত আয়োডিনকে প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না। সমুদ্রজলে, সামুদ্রিক শৈবালে (seaweed) সামুদ্রিক প্রাণীর দেহে(যথা কড মাছের লিভারে), ঝরণার জলে, প্রাণীর

থাইরয়েড (thyroid) গ্রন্থিতে চিলির বিখ্যাত সোরা-খনিতে (Saltpetre or Caliche), পেট্রোলিয়াম ব্রাইনে আয়োডিনকে আয়োডেট ও আয়োডাইডরূপে পাওয়া যায়। সামুদ্রিক উদ্ভিদ সমুদ্রজলের আয়োডিন দেহজাত করে।

১৮৩। **প্রঃ প্রঃ** (i) একটি বকযন্ত্রে পটাসিয়াম আয়োডাইড, ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড ও গাঢ় H_2SO_4 লইয়া বকযন্ত্রের মুখটা ছোট ফ্লাস্কে ঢোকাও। (ii) ফ্লাস্ককে জলপূর্ণ কাচের দ্রোণীতে ভাসাইয়া উপর হইতে শীতল জলস্রোতে ফ্লাস্ককে ঠাণ্ডা রাখ। (iii) বকযন্ত্রকে গরম কর। মুক্ত আয়োডিনের বেগুনি রংয়ের বাষ্প উৎক্ষিপ্ত হইয়া ফ্লাস্কে ঘনীভূত হইলে শীতল আয়োডিনের কালো উজ্জ্বল আঁশ পাওয়া যায়।

$$MnO_2 + 2KI + 3H_2SO_4 = I_2 + 2H_2O + MnSO_4 + 2KHSO_4.$$

(ii) KI দ্রবে ব্রোমিন বা ক্লোরিন দিলে আয়োডিন মুক্ত হয়।

$$2KI + Cl_2 = 2KCl + I_2.$$

১৮৪। **পণ্যোৎপাদন:** (ক) **সোরা খনিজ** (Saltpetre বা Caliche) **হইতে:** ক্যালিচিতে সোডিয়ামের নাইট্রেটের সঙ্গে 0·2% সোডিয়াম আয়োডেট ($NaIO_3$) মিশ্রিত থাকে। সল্টপিটার সার হিসাবে ব্যবহৃত হয় কিন্তু $NaIO_3$ উদ্ভিদের ক্ষতি সাধন করে। সেইজন্য $NaIO_3$ পৃথক করা হয়। খনিজকে জলে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণকে তাপ দ্বারা ঘনীভূত করিলে কম দ্রাব্য $NaNO_3$ কেলাসিত হয়। ইহাকে পৃথক করিয়া সার হিসাবে ব্যবহার করা হয়। দ্রবে বেশী দ্রাব্য $NaIO_3$ থাকিয়া যায়। শেষ-দ্রবকে পৃথক করিয়া উপযুক্ত পরিমাণ সোডিয়াম বাইসালফাইটের দ্রবের সঙ্গে মিশাইলে $NaIO_3$ বিজারিত হইয়া আয়োডিন উৎপন্ন হয়। কঠিন আয়োডিনকে পৃথক করিয়া ধৌত করিয়া চাপে চাক্তিতে (cakes) পরিণত করা হয়।

কিছু HI ও HIO_3 উৎপন্ন হয়। ইহাদের পরস্পর ক্রিয়ায়ও আয়োডিন উৎপন্ন হয়।

$$2NaIO_3 + 5NaHSO_3 = 3NaHSO_4 + 2Na_2SO_4 + H_2O + I_2.$$

$$NaIO_3 + 5NaI + 6NaHSO_4 = HIO_3 + 5HI + 6Na_2SO_4.$$

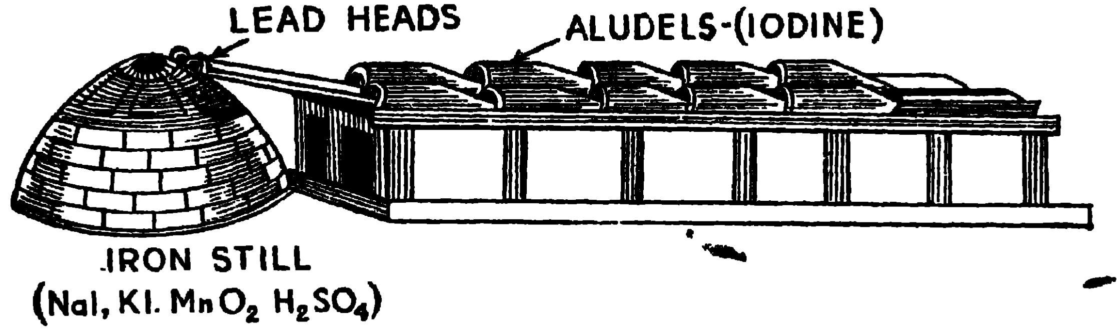
$$HIO_3 + 5HI = 3I_2 + 3H_2O.$$

দামী সোডিয়াম বাইসালফেট ব্যবহার না করিয়া সোডিয়াম কারবনেটের মধ্যে সালফার পোড়াইয়া উৎপন্ন SO_2 অতিক্রম করাইয়া প্রথমে Na_2SO_3 পরে $NaHSO_3$ উৎপন্ন করা হয়।

$$Na_2CO_3+SO_2=Na_2SO_3+CO_2$$

$$Na_2SO_3+H_2O+SO_2=2NaHSO_3.$$

(খ) সামুদ্রিক শৈবাল হইতে: শৈবালগুলি সমুদ্রজল হইতে আয়োডিন-লবণ শোষণ করিয়া দেহজাত করে। গভীর জলের শৈবালে অধিক (0·48%) আয়োডিন থাকে। ঝড়ের সময় ইহারা গভীর জল হইতে সমুদ্রতটে জড় হয়। গভীর জলের শৈবালগুলিকে (lamenaria) জড় করিয়া রৌদ্রতাপে শুকাইয়া সাবধানে মৃদুতাপে পোড়ানো হয় যাহাতে লবণ নষ্ট না হয় বা আয়োডিন উপিয়া না যায়। পোড়ানোর পর যে ছাই থাকে তাহাকে Kelp বলে। ছাইতে ক্ষার ধাতুর আয়োডাইড ও ক্লোরাইড, সাল্‌ফেট প্রভৃতি লবণ থাকে। ছাইকে লোহার পাত্রে স্টীমের দ্বারা জলে গুলিয়া যে দ্রব উৎপন্ন হয় তাহাকে ছাঁকিয়া লোহার কড়াইতে ঘনীভূত করিলে অল্প কম দ্রাব্য লবণগুলি কেলাসিত হয় এবং শেষ-দ্রবে NaI ও KI থাকে। শেষ-দ্রবের সঙ্গে H_2SO_4 মিশাইলে সাল্‌ফাইড হইতে সালফার মুক্ত হয়। সালফারযুক্ত দ্রবণকে থিতাইয়া পরিষ্কার গাঢ় দ্রবণকে ঢালিয়া লইয়া ইহার সহিত MnO_2 ও গাঢ় H_2SO_4 মিশাইয়া লোহার বকযন্ত্রে (iron stills) গরম করিলে আয়োডিন মুক্ত হয়। বকযন্ত্রে সীসার মাথা (heads) লাগানো থাকে। মুক্ত আয়োডিন বাষ্প মাথার সহিত সংলগ্ন নির্গম-নল দিয়া অ্যালুডেল (aludel) নামক চিনামাটির গ্রাহক বোতলে কঠিন অবস্থায় জমে।



৮৪নং চিত্র—আয়োডিনের পণ্যোৎপাদন

$$2NaI+MnO_2+3H_2SO_4=2NaHSO_4+MnSO_4+2H_2O+I_2.$$

এই পদ্ধতি জাপানে, গ্রেটব্রিটেনে ও ফ্রান্সে প্রচলিত আছে।

(গ) পেট্রোলিয়াম ব্রাইন বা লবণ জল হইতেঃ যুক্তরাষ্ট্রের দক্ষিণ কেরোলিনার পেট্রোলিয়াম খনি হইতে উত্থিত লবণ-জলে (ব্রাইনে) প্রতি 10 লক্ষ ভাগে 30-70 ভাগ আয়োডাইড রূপে থাকে। ব্রাইনকে থিতাইয়া উপরের তেল অপসারিত করা হয়। দ্রবে উপযুক্ত পরিমাণ H_2SO_4 দিয়া অ্যাসিডধর্মী করা হয়। তৎপরে $NaNO_2$ যোগ করিলে আয়োডিন মুক্ত হয়। $NaNO_2$ জারকরূপে কাজ করে; $H_2SO_4+NaI=HI+NaHSO_4$; $H_2SO_4+NaNO_2=NaHSO_4+HNO_2$; $2HNO_2+2HI=2H_2O+2NO+I_2$.

দ্রবে আয়োডিনের মাত্রা খুব কম বলিয়া উহাকে উজ্জীবিত (activated) কয়লার চূর্ণের মধ্য দিয়া ছাঁকা হয়। কয়লা আয়োডিনকে শোষণ করে। আয়োডিনযুক্ত কয়লাকে NaOH দ্রবণের সঙ্গে ফুটানো হয়। অয়োডিন আয়োডাইড ও আয়োডেটে পরিণত হইয়া দ্রবে থাকে।

$$3I_2+6NaOH=5NaI+NaIO_3+3H_2O.$$

দ্রবকে ঘনীভূত করিয়া উপযুক্ত পরিমাণ সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড মিশাইলে কঠিন আয়োডিন মুক্ত হয়।

$$5NaI+NaIO_3+3H_2SO_4=3Na_2SO_4+3I_2+3H_2O.$$

পূর্ব বর্ণিত মত ইহাকে ছাঁকিয়া ধৌত করিয়া চাপ দিয়া চাকতিতে পরিণত করা হয়।

১৮৫। বিশুদ্ধীকরণ: অশোধিত অয়োডিনে জলীয় বাষ্প, আয়োডিন ক্লোরাইড (ICl), আয়োডিন ব্রোমাইড (IBr) ও আয়োডিন সায়ানাইড (ICN) অশুদ্ধি থাকে; ইহারা উদ্বায়ী বলিয়া ইহাদিগকে উর্ধ্বপাতন দ্বারা পৃথক করা যায় না। এই অশুদ্ধ আয়োডিনকে চুন ও KI-এর সঙ্গে উত্তপ্ত করিলে বিশুদ্ধ আয়োডিন উর্ধ্বপাতিত হয়। চুন জলকে শোষণ করে। পটাসিয়াম আয়োডাইড ক্লোরিন, ব্রোমিন দূর করে।

এই বিশুদ্ধ আয়োডিনকে KI-এর গাঢ় দ্রবণে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবে অতিরিক্ত জল দিলে আয়োডিন অধঃক্ষিপ্ত হয়। ইহাকে কাচের পশমের (glass wool) মধ্য দিয়া ছাঁকিয়া বায়ুশূন্য পাত্রে ঘন K_2SO_4-এর উপরে শুকাইলে অতি বিশুদ্ধ আয়োডিন পাওয়া যায়।

কিউপ্রাস আয়োডাইডকে বায়ুপ্রবাহে উত্তপ্ত করিলে অতি বিশুদ্ধ আয়োডিন পাওয়া যায়; $Cu_2I_2+O_2=2CuO+I_2$.

১৮৬। **ধর্ম : ভৌত :** (i) আয়োডিন কালো রঙের উজ্জ্বল কেলাসিত কঠিন পদার্থ। (ii) সাধারণতঃ ইহাকে আঁশের আকারে পাওয়া যায়। (iii) ইহার ঘনাঙ্ক 4·94, গলনাঙ্ক 114·2°C। তরল আয়োডিনের স্ফুটনাঙ্ক 184·4°C।

(iv) সাধারণ উষ্ণতায় আয়োডিন ধীরে ধীরে তরল না হইয়া বাষ্পীভূত হয়। তাপে ইহা বেগুনি বাষ্পে পরিণত হয়।

পরীক্ষা : একটি উত্তপ্ত ফ্লাস্কে আয়োডিনের দু-একটা স্ফটিক ফেল। ফ্লাস্ক বেগুনী বর্ণের বাষ্পে ভর্তি হয়। বাষ্পের গন্ধে নাক-মুখ জ্বালা করে।

(v) বাষ্পীয় ঘনাঙ্ক (vapour density) নির্ণয়ের দ্বারা জানা যায় যে 184·4° হইতে 700°C পর্যন্ত আয়োডিনের অণু দ্বিপরমাণুক, তৎপরে ইহা বিশ্লিষ্ট হয় ; $I_2 \rightarrow 2I$. 1700°C উষ্ণতায় আয়োডিন সম্পূর্ণ এক পরমাণুতে পরিণত হয়।

(vi) আয়োডিন জলে কম দ্রাব্য। এক লিটার জলে 55°C-এ 0·9226 গ্রাম আয়োডিন দ্রবীভূত হয়। ইহা পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবে খুব দ্রাব্য, এবং দ্রবে পটাসিয়াম ট্রাই-আয়োডাইড (KI_3) গঠন করে ; $KI + I_2 = KI_3$.

(vii) আয়োডিন জৈব দ্রাবক যথা কোহল, ইথার, বেনজিন, ক্লোরোফর্ম ও CS_2তে দ্রাব্য। প্রথম তিনটি দ্রাবকে দ্রবের বর্ণ লাল্‌চে হয় ; শেষের দুইটিতে দ্রবের বর্ণ বেগুনী হয়।

পরীক্ষা : একটি দীর্ঘ কাচ-চোঙে জল, ইথার ও CS_2 লও। ইহারা তিন স্তরে বিভক্ত হয়। ইহাতে আয়োডিনের স্ফটিক দাও। নীচের CS_2 স্তর বেগুনী, উপরের ইথার স্তর বাদামি হয়।

রাসায়নিক : আয়োডিনের রাসায়নিক ধর্ম ক্লোরিন ও ব্রোমিনের মত কিন্তু ইহার ক্রিয়াশীলতা অনেক কম। নিম্নলিখিত উদাহরণগুলি হইতে ইহা বোঝা যায়।

(i) আয়োডিন দাহ্য নহে, সাধারণতঃ দহনের সহায়ক নহে ; ইহা সাদা ফসফরাস, এ্যান্টিমনি, আরসেনিক প্রভৃতির দহনের সহায়তা করে।

পরীক্ষা : (ক) একটি খর্পরে একটু আয়োডিন ও সাদা ফসফরাস এক সঙ্গে রাখ। ফস্‌ফরাস প্রথমে গলে। তারপর উহারা তীব্রভাবে যুক্ত হয় এবং জ্বলিয়া উঠে : $2P + 3I_2 = 2PI_3$. আয়োডিন ও ফসফরাস পৃথকভাবে থাকিলে উহাদের মধ্যে কোন ক্রিয়া হয় না।

(খ) আয়োডিনের বাষ্পপূর্ণ ফ্লাস্কে Sb বা As গুঁড়া ঈষৎ গরম করিয়া ছিটাইয়া দাও। ইহারা ফুলঝুরির মত জ্বলিয়া উঠে।

$$2Sb + 3I_2 = 2SbI_3\ ;\ 2As + 3I_2 = 2AsI_3.$$

(ii) আয়োডিন অধিকাংশ ধাতু (Hg, Fe, Zn, K প্রভৃতি) এবং অন্য হ্যালোজেন, H_2, P প্রভৃতি অধাতুর সঙ্গে সাক্ষাৎভাবে যুক্ত হয়। হাইড্রোজেন ও আয়োডিনের বাষ্প মিশ্রিত করিয়া সূর্যালোকে ধরিলে কোন ক্রিয়া হয় না, কারণ I_2 কম সক্রিয়। কিন্তু আয়োডিন ও হাইড্রোজেন উত্তপ্ত প্লাটিনাম অনুঘটকের উপস্থিতিতে যুক্ত হয়; $H_2 + I_2 = 2HI$.

পরীক্ষা: পারদ ও আয়োডিনকে একটি খলে ঘর্ষণ কর। যদি খলে অতিরিক্ত Hg থাকে তবে সবুজ Hg_2I_2 গঠিত হয়। যদি অতিরিক্ত আয়োডিন থাকে তবে লাল HgI_2 গঠিত হয়।

$$2Hg + I_2 = Hg_2I_2\ ;\ Hg + I_2 = HgI_2.$$

✓(iii) আয়োডিন শ্বেতসার দ্রবকে ঘোর নীল করে। একটি পরীক্ষানলে শ্বেতসার দ্রবে এক ফোঁটা আয়োডিন দ্রব দাও। দ্রবের বর্ণ ঘোর নীল হয়। দ্রবকে সামান্য গরম (89°C) করিলে বর্ণ অদৃশ্য হয়। ঠাণ্ডা করিলে বর্ণ ফিরিয়া আসে। দ্রবে NH_3 দিলে বা দ্রবকে ফুটাইলে বর্ণ একেবারেই নষ্ট হয়।

$$\text{শ্বেতসার} + I_2 \underset{\text{তাপ}}{\overset{\text{ঠাণ্ডা}}{\rightleftharpoons}} \text{শ্বেতসারের আয়োডাইড (নীল)}$$

Iodide of starch.

এই পরীক্ষায় 50 লক্ষ ভাগ জলে 1 ভাগ আয়োডিনের অস্তিত্ব ধরা যায়। এই পরীক্ষায় কেবল মুক্ত আয়োডিন ধরা পড়ে। কোন আয়োডিন যৌগ ধরা পড়ে না।

(iv) ক্লোরিন ও ব্রোমিন আয়োডাইড হইতে আয়োডিনকে মুক্ত করে: $2KI + Cl_2 = 2KCl + I_2$.

পরীক্ষা: একটি পরীক্ষা-নলে পটাসিয়াম আয়োডাইড ও শ্বেতসারের খুব পাতলা দ্রব লও। ইহাতে দ্রব বর্ণহীন থাকে। দ্রবের মধ্যে দু-একটি বুদ্‌বুদ্‌ প্রবেশ করাও। শ্বেতসারের আয়োডাইডের জন্য দ্রবের বর্ণ ঘোর নীল হয়।

✓(v) আয়োডিন কোন ফ্লোরাইড, ক্লোরাইড বা ব্রোমাইডকে বিশ্লিষ্ট করে না, ইহা আয়োডিনের কম ক্রিয়াশীলতা প্রমাণ করে। $KClO_3$-কে বিশ্লিষ্ট করে; $2KClO_3 + I_2 = 2KIO_3 + Cl_2$.

(vi) গাঢ় HNO_3 দ্বারা আয়োডিন জারিত হয় এবং আয়োডিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$I_2+10HNO_3=2HIO_3+4H_2O+10NO_2.$$

(vii) আয়োডিন **মৃদু জারক**: ইহা হাইড্রোজেন সালফাইডকে সালফারে, H_2SO_3কে (অর্থাৎ SO_2-কে জলের উপস্থিতেতে) H_2SO_4তে, H_3AsO_3 (আর্সেনিয়স্ অ্যাসিড)-কে H_3AsO_4 (আরসেনিক অ্যাসিড) এ পরিণত করেঃ $I_2+H_2S=2HI+S$; ($SO_2+H_2O=$) $H_2SO_3+I_2+H_2O=H_2SO_4+2HI$; $H_3AsO_3+I_2+H_2O=H_3AsO_4+2HI$.

(viii) ঠাণ্ডা ও পাতলা ক্ষারীয় দ্রব্যের সঙ্গে আয়োডিন আয়োডাইড ও হাইপোআয়োডাইট গঠন করে কিন্তু হাইপোআয়োডাইট অস্থায়ী যৌগ। ইহা জলের সহিত হাইপোআয়োডাস অ্যাসিড দেয়।

$$I_2+2KOH\rightleftharpoons KI+KOI+H_2O; \quad KOI+H_2O=HOI+KOH.$$

গরম ও গাঢ় ক্ষারীয় দ্রব্যের সঙ্গে আয়োডিন আয়োডাইড ও আয়োডেট গঠন করে।

$$3I_2+6KOH=5KI+KIO_3+3H_2O.$$

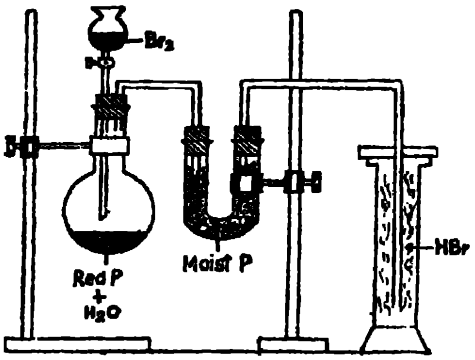
(ix) আয়োডিন সোডিয়াম থাওসাল্‌ফেটকে সোডিয়াম আয়োডাইড ও সোডিয়াম টেট্রাথায়োনেট করে। এই প্রক্রিয়ার দ্বারা আয়োডিনের পরিমাণ মাপা হয়।

$$2Na_2S_2O_3+I_2=Na_2S_4O_6=2NaI.$$

১৮৭। **পরীক্ষা**: (i) আয়োডিনের বাষ্পের বেগুনী বর্ণ, (ii) বর্ণহীন শ্বেতসার দ্রবকে নীলবর্ণে পরিবর্তন, (ii) CS_2-এর বর্ণ বেগুনী বর্ণে পরিবর্তন, (iv) কোহল ও $NaOH$ দ্রবে হলুদে দুর্গন্ধযুক্ত আয়োডোফর্ম (Iodoform) গঠন দ্বারা আয়োডিনের অস্তিত্বকে ধরা যায়।

১৮৮। **ব্যবহার**: আয়োডিন ঔষধে, রঞ্জনশিল্পে, আয়োডোফর্ম, NaI, KI, AgI প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়। KI, AgI ঔষধে ও ফটোগ্রাফিতে ব্যবহৃত হয়। আয়োডিন রাসায়নিক বিশ্লেষণে ও সংশ্লেষণে ব্যবহৃত হয়। দেহের থাইরয়েড গ্রন্থি (gland) হইতে ক্ষরিত আয়োডিন দেহের বীজাণু নাশ করে।

অর্দ্ধ আউন্স করিয়া পটাসিয়াম আয়োডাইড, আয়োডিন ও জল এক পাইন্ট শোধিত কোহলে (95%) দ্রবীভূত করিলে দ্রবকে Tincture Iodine বলে। ইহা জীবাণুনাশক (disinfectant) রূপে ব্যবহৃত হয়।



৮৭নং চিত্র—HBr-এর প্রস্তুতি

HBr ও HI এর প্রস্তুতি : ব্রোমাইড ও আয়োডাইড হইতে H_2SO_4-এর ক্রিয়ায় HBr ও HI উৎপন্ন হয় না কারণ HBr ও HI সঙ্গে সঙ্গে H_2SO_4-কে বিজারিত করে এবং নিজেরা জারিত হয় ; $2KX+2H_2SO_4=2KHSO_4+2HX$; $2HX+H_2SO_4=X_2+SO_2+2H_2O$. (X=I বা Br)।

জল ও লাল ফসফরাস এবং আয়োডিন বা ব্রোমিনের ক্রিয়ায় যথাক্রমে HI ও HBr উৎপন্ন হয়। ইহাদের সহিত আয়োডিন ও ব্রোমিনের বাষ্প মিশ্রিত হইয়া আসে। এই মিশ্রণকে U-নলে অবস্থিত ভিজা লাল ফসফরাসের মধ্য দিয়া অতিক্রম করাইলে অ্যাসিডগুলি যথাক্রমে অশুদ্ধি আয়োডিন ও ব্রোমিন হইতে মুক্ত হয়।

$$4P+6X_2=4PX_3.$$
$$PX_3+3H_2O=H_3PO_3+3HX.$$
$$(X=I \text{ or } Br).$$

১৮৯। **হ্যালোজেনের তুলনা :** ফ্লোরিন, ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিনকে হ্যালোজেন বলে। ইহারা পর্যায় সারণীতে ৭নং গ্রুপের B উপগ্রুপের অন্তর্গত। ইহাদের ধর্মের মধ্যে পারিবারিক সাদৃশ্য আছে। কিন্তু ইহাদের পারমাণবিক ওজন-বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে ধর্মের ক্রমিক পরিবর্তন হয়। ইহারা সকলেই সর্বাপেক্ষা তড়িৎ-ঋণাত্মক (অধাতব) মৌল কিন্তু ইহাদের ওজনবৃদ্ধির সঙ্গে F হইতে I পর্যন্ত অধাতব ধর্মের হ্রাস হয় এবং অক্সিজেনের সঙ্গে সংসক্তি বৃদ্ধি পায়।

সাদৃশ্য : (i) ইহাদের কোন মৌলকে প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না। (ii) ইহারা সব একযোজী। (iii) ইহারা তীব্র গন্ধযুক্ত। (iv) ইহারা সকলেই হাইড্রোজেনের সঙ্গে আম্লিক যৌগ উৎপন্ন করে।

(v) ইহারা সকলেই সাক্ষাৎভাবে ধাতুর সঙ্গে যুক্ত হয়। (vi) ইহাদের প্রস্তুতপ্রণালী প্রায় একই প্রকার। (vii) ইহারা ফসফরাসের সঙ্গে সাক্ষাৎভাবে যুক্ত হইয়া ফসফরাস হ্যালাইড উৎপন্ন করে।

পারমাণবিক ওজন-বৃদ্ধির সঙ্গে ধর্মের ক্রমিক পরিবর্তন :—

ধর্ম	F	Cl	Br	I
১। পাঃ ওঃ (বৃদ্ধি)	19	35·457	79·916	126·92
২। পাঃ সংখ্যা (বৃদ্ধি)	9	17	35	53
৩। ভৌত অবস্থা (সংসক্তি বৃদ্ধি)	গ্যাস	গ্যাস	তরল	কঠিন
৪। বর্ণ (গভীরতা বৃদ্ধি)	ফিকে হল্‌দে	সবজে-হল্‌দে	ঘোরলাল (বাষ্প লাল)	উজ্জ্বল কালো (বাষ্প বেগুনী)
৫। গন্ধ (তীব্রতা বৃদ্ধি) সব উগ্রগন্ধ	শ্বাসরোধী	শ্বাসরোধী ও জ্বালাকর	বেশী জ্বালাকর	অত্যন্ত জ্বালাকর
৬। আপেক্ষিক গুরুত্ব (বৃদ্ধি)	1·11	1·55 (তরল) গ্যাস বায়ু অপেক্ষা $2\frac{1}{2}$ গুণ ভারী	3·19 (তরল) বাষ্প অনেক ভারী	4·9 (কঠিন) বাষ্প অত্যন্ত ভারী

ধর্ম	F	Cl	Br	I
৭। গলনাঙ্ক (বৃদ্ধি)	−233°C	−102°C	−7·3°C	+114°C
৮। স্ফুটনাঙ্ক (বৃদ্ধি)	−187°C	−33·6°C	+59°−63°C	+184°C
৯। জলে দ্রাব্যতা ও ক্রিয়া (হ্রাস) (100 গ্রামে 0°Cতে	সাধারণ উষ্ণতায় জলকে বিশ্লেষণ করে। O_3 এবং O_2 উৎপন্ন হয়।	1·5 গ্রাম, সূর্যালোকে O_2 উৎপন্ন হয়।	4·14 গ্রাম, তাপে O_2 উৎপন্ন হয়।	·016 গ্রাম; কোন ক্রিয়া হয় না।
১০। রাসায়নিক সক্রিয়তা (হ্রাস)	সর্বাপেক্ষা সক্রিয়, ক্লোরাইড, ব্রোমাইড ও আয়োডাইড হইতে যথাক্রমে Cl_2, Br_2 ও I_2কে মুক্ত করে।	F_2 অপেক্ষা কম সক্রিয়। ব্রোমাইড ও আয়োডাইড হইতে Br_2 ও I_2 মুক্ত করে।	Cl_2 অপেক্ষা কম সক্রিয়। আয়োডাইড হইতে I_2 মুক্ত করে।	সর্বাপেক্ষা কম সক্রিয়। F_2, Cl_2 বা Br_2কে তাহাদের দ্বিযোগ হইতে মুক্ত করে না।
১১। H_2র সঙ্গে সাক্ষাৎ ক্রিয়া (হ্রাস)	অন্ধকারেই বিস্ফোরণের সঙ্গে যুক্ত হয়, HF খুব সুস্থিত।	সূর্যালোকে বিস্ফোরণের সঙ্গে যুক্ত হয়। HCl সুস্থিত।	তাপ দিলে যুক্ত হয়। HBr তাপে বিশ্লিষ্ট হয়।	300°Cতে অনুঘটকের উপস্থিতিতে যুক্ত হয়। HI সামান্য তাপে বিশ্লিষ্ট হয়।

১২। O_2র সঙ্গে পরোক্ষ ক্রিয়া (বৃদ্ধি)	F_2O, F_2O_2,	দুঃস্থিত Cl_2O, ClO_2, ClO_3, Cl_2O_7.	খুব দুঃস্থিত Br_2O, BrO_2, Br_3O_8 ;	IO_2, I_4O_9, I_2O_5 (সুস্থিত),
১৩। অক্সি-অ্যাসিড	কোন অক্সি-অ্যাসিড নাই।	$HClO$, $HClO_2$, $HClO_3$, $HClO_4$— অক্সিজেনের বৃদ্ধির সঙ্গে স্থায়িত্ব বাড়ে।	$HBrO$, $HBrO_3$, দুঃস্থিত।	HIO, HIO_3, H_5IO_6 খুব সুস্থিত।
১৪। ধাতুর সঙ্গে ক্রিয়া (হ্রাস)।	সব ধাতু আক্রান্ত হয়; অধিকাংশ ধাতু জলে।	সব ধাতু আক্রান্ত হয়; অনেক ধাতু জলে।	সব ধাতু আক্রান্ত হয়; কয়েকটি জলে।	প্লাটিনাম ছাড়া সব ধাতু আক্রান্ত হয়।
১৫। ক্ষারের সহিত ক্রিয়া (i) ঠাণ্ডা. (ii) উষ্ণ (বৃদ্ধি)।	দ্রবের জলকে বিশ্লিষ্ট করে, ধাতব ফ্লোরাইড গঠন করে।	(i) ক্লোরাইড ও হাইপোক্লোরাইট (ii) ক্লোরেট ও ক্লোরাইড।	একই	একই
১৬। বিরঞ্জক-ধর্ম (হ্রাস)	জৈব দ্রব্য নষ্ট করে।	খুব দ্রুত বিরঞ্জক।	দ্রুত বিরঞ্জক	ক্ষীণ বিরঞ্জক
১৭। শ্বেতসারের দ্রব।	দ্রবের জলকে বিশ্লিষ্ট করে।	দ্রবের বর্ণ অপরিবর্তিত।	দ্রবের বর্ণ হল্‌দে হয়।	দ্রব্যের বর্ণ নীল হয়

[**শিক্ষণ নির্দেশ :** আমাদের অতি পরিচিত সাধারণ লবণের প্রস্তুতি, ধর্ম বর্ণনা করিয়া হ্যালোজেনের আলোচনা করাই বিধেয়। হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের বর্ণনা করিয়া ক্লোরিনের বর্ণনা করা হইয়াছে। ক্লোরিনের পণ্যোৎপাদনের যন্ত্রপাতির বিবরণ পাঠ্যক্রমের অন্তর্ভুক্ত নয়। ক্লোরিন, ব্রোমিনের ও আয়োডিনের বিবরণ সংক্ষেপে দেওয়া হইয়াছে।]

প্রশ্নাবলী

1. What were the difficulties in isolating fluorine and how were they overcome? Describe Moissan's method of preparation of Fluorine. In what way is it exceptional among the halogens? ফ্লোরিন পৃথককরণে কি কি অসুবিধা ছিল এবং ইহাদিগকে কি কি উপায়ে দূরীভূত করা হয়? ময়স্যাঁর ফ্লোরিন প্রস্তুতের পদ্ধতি বর্ণনা কর। হ্যালোজেনের মধ্যে ইহার কোন বিষয়ে ব্যতিক্রম আছে কি? C. U. 1921, '43, '44, '46, ; Cam. Jun. Punj. 1942 ; Bom. B. A.

2. What are the reactions of concentrated sulphuric acid on NaF, NaCl NaBr and NaI? NaF, NaCl, NaBr এবং NaI-এর উপর গাঢ় H_2SO_4-এর ক্রিয়া কি কি? C. U. 1932, '41, '44, '46

3. Describe the experiments you have made in the laboratory to demonstrate the principal properties of Chlorine. পরীক্ষাগারে ক্লোরিনের ধর্মগুলি দেখাইবার জন্য কি কি পরীক্ষা করিয়াছ তাহা বর্ণনা কর। Mad. 1911; C. U. 1907, '19, ; Pat. 1930.

4. How would you prepare Chlorine without the application of heat or electricity? তাপ ও বিদ্যুৎ প্রয়োগ ব্যতীত কি প্রকারে ক্লোরিন প্রস্তুত করিবে?
Nag. 1935 ; C. U. 1926.

5. How is HCl manufactured? Give it uses and its action on Zn, S, HgO, MnO_2, Fe_2O_3. Mg, NaOH, KNO_3. HCl-এর পণ্যোৎপাদন কি প্রকারে হয়? ইহার ব্যবহার এবং Zn, S, HgO, MnO_2, Fe_2O_3, Mg, NaOH, KNO_3-এর উপর ইহার ক্রিয়া বল। C. U. 1919, '21, '31.

6. Describe the action of at least six oxidising agents on HCl. HCl-এর উপর ছয়টি জারক দ্রব্যের ক্রিয়া বল। Pat. 1928

7. How is Chlorine prepared on a large scale? State its properties and uses, What happens when it is passed into solutions of—(a) H_2S, (b) SO_2, (c) NaOH and (d) Milk of lime (e) KI (f) KBr. ক্লোরিনের পণ্যোৎপাদন কি প্রকারে হয়। ইহার ধর্ম ও ব্যবহার বর্ণনা কর। কি ঘটে যখন ইহাকে—(a) H_2S, (b) SO_2, (c) NaOH ও (d) চুন-গোলার (e) KI ও (f) KBr দ্রবণের মধ্য দিয়া অতিক্রম করানো হয়? Bom. 1925 ; C. U. 1906, '19, '27, '31, '43.

8. How would you prepare Chlorine in the class? Describe its properties. What happens when Chlorine is passed through (a) sol. of ammonia, (b) slaked-lime, (c) H_2S, (d) water, (e) milk of lime. and (f) water in which $CaCO_3$ is held in suspension? Give equations. পরীক্ষাগারে ক্লোরিন কি প্রকারে প্রস্তুত হয়? ইহার ধর্মগুলি বর্ণনা কর। কি ঘটে যখন ক্লোরিন (a) NH_3-এর দ্রবণ, (b) কলিচুন, (c) H_2S (d) জল (e) চুন-গোলা, ও (f) জলে প্রলম্বিত $CaCO_3$-এর মধ্য দিয়া অতিক্রম করানো হয়? সমীকরণ দাও।

Bom. 1891; C. U. 1913, '16, '29, '32; Pat. 1929.

N. B. যখন জলে $CaCO_3$ রাখিয়া সেই জলের ভিতর দিয়া ক্লোরিন অতিক্রম করানো হয়, তখন দ্রবণে হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। $CaCO_3+H_2O+2Cl_2=CaCl_2+CO_2+2HOCl$.

9. How would you determine the composition of HCl gas by volume? HCl গ্যাসের আয়তনিক সংযুতি কি প্রকারে স্থির করিবে? All. 1922; Punj. 1929; C. U. 1915, '17, '26, '41.

10. What is the action of Bromine on Copper, H_2S, water, Hg, KOH and KI solution. তামা, H_2S, জল, Hg, KOH ও KI-এর দ্রবণের উপর ব্রোমিনের ক্রিয়া কি? Bom. 1924; Punj. 1934; Mad. 1930; C. U. 1917, '22, '26, '39.

11. What are the common sources of Bromine? How is the element manufactured industrially? Name some important bromides and state their uses. ব্রোমিনের সাধারণ উৎস কি কি? এই মৌলকে পণ্য হিসাবে কি প্রকারে উৎপন্ন করা হয়? কয়েকটি প্রয়োজনীয় ব্রোমাইডের নাম কর। ইহাদের ব্যবহার বল। Mys. 1934; Bom. 1915; Mad. 1930; C. U. 1926.

12. How is HCl prepared in the laboratory? Why is H_2SO_4 and not HNO_3 used to prepare HCl from NaCl? পরীক্ষাগারে কি প্রকারে HCl প্রস্তুত করিবে? NaCl হইতে HCl প্রস্তুতে HNO_3 ব্যবহার না করিয়া H_2SO_4 ব্যবহৃত হয় কেন? Bom 1917, '19; Punj, 1921; C. U. 1916, '37, '39, '47,; Pat. 1920.

13. Starting with KI how will you prepare—(a) Iodine, (b) HI, (c) HgI_2 and (d) HgI? Starting with NaCl how will you prepare chlorine and its oxy-acids? KI হইতে আরম্ভ করিয়া তুমি কি প্রকারে (a) আয়োডিন (b) HI, (c) HgI_2 (d) HgI প্রস্তুত করিবে? NaCl হইতে কি প্রকারে ক্লোরিন ও ইহার অক্সিঅ্যাসিড প্রস্তুত করিবে?

14. What are halogens? Why are they so called? Give in a tabular form the physical and chemical properties of the halogens to illustrate gradation of their properties. হ্যালোজেন কি কি? ইহাদের এই নাম কেন? হ্যালোজেনগুলির ধর্মের ক্রম-পরিবর্তন দেখাইবার জন্য ইহাদের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মগুলিকে

তালিকাকারে দেখাও। Bom. 1932, '36. ; Mad. 1930 ; Punj. 1936 ; C. U. 1931, '32, '36, '37.

15 Describe in detail. how pure Iodine is extracted from seaweed. What are its properties, uses, and tests? সমুদ্র-শৈবাল হইতে কি প্রকারে আয়োডিন নিকাশন করা হয়? ইহার ধর্ম, ব্যবহার ও অভীক্ষণ কি কি? Bom 1929 ; Nag. 1933 ; C. U. 1926 ; Lon. 1934, '34.

16. How will you obtain Cl_2, K and O_2 from $KClO_3$? $KClO_3$ হইতে কি প্রকারে Cl_2, K ও O_2 পাইবে? Pat. 1931 ; C. U. 1940.

17. How is Iodine obtained from caliche? How is it purified? ক্যালিচি হইতে কি প্রকারে আয়োডিন পাওয়া যায়? ইহা কি প্রকারে বিশুদ্ধ করা হয়?

Benaras 1937.

18. How is Iodine obtained from kelp? Describe its important physical and chemical properties. কেল্প হইতে আয়োডিন কি প্রকারে পাওয়া যায়? ইহার প্রধান ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম বর্ণনা কর। Punj. 1919, '30 ; All. 1931 ; C. U. 1941 '21 '26, '28, '34, '42' '57 ; Pat.

19. In an alkali factory Chlorine is a by-product. How can this be best utilised? ক্ষারপ্রস্তুত কারখানায় ক্লোরিন উপজাত হিসাবে পাওয়া যায়। ইহাকে কি প্রকারে সদ্ব্যবহার করা যায়? C. U. 1943.

20. By what teats do you distinguish fluoride, chloride, bromide and iodide. ফ্লোরাইড, ক্লোরাইড, ব্রোমাইড ও আয়োডাইডের পার্থক্য কি কি পরীক্ষা দ্বারা বুঝিবে।

পঞ্চদশ অধ্যায়

[**Course Content** : Sulphur and its compounds. (i) Sulphur : its extraction and uses. Allotropic forms and the behaviour of sulphur on heating are not required,

(ii) Sulphur dioxide—Preparation : (a) by oxidation of sulphur and sulphide ores ; (b) from sulphites ; (c) from sulphuric acid. Description of burners is not required.

Properties ; uses as a bleaching agent and as a preservative.

(iii) Sulphuric acid, Chemistry of its manufacture by lead chamber process and by contact process. Description of commercial plant is not required. Its properties (a) as an acid, (b) as a dehydrating agent.

Sulphates. Alum,

(iv) Hydrogen sulphide—Preparation and properties. Uses as a laboratory reagent.]

সালফার ও ইহার যৌগ

১৯০। **সাল্‌ফার ও অক্সিজেনের তুলনা :** সাল্‌ফার (S), অক্সিজেন, পর্যায় সারণীর ষষ্ঠ গ্রুপের অন্তর্গত মৌল। (পর্যায় সারণীর কথা একাদশ শ্রেণীর পুস্তকে বর্ণিত হইয়াছে।

সাদৃশ্য : (i) উভয়কে প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায়। (ii) উভয়েরই বহুরূপ আছে। (iii) উভয়ে হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া একাধিক যৌগ উৎপন্ন করে ; যথা H_2O, H_2O_2 ; H_2S, H_2S_2। উভয়েই ধাতুর সঙ্গে যুক্ত হইয়া যথাক্রমে অক্সাইড ও সাল্‌ফাইড দেয়। ইহাদের মধ্যেও সাদৃশ্য আছে। (v) উভয়ের পরমাণুর বহিঃকক্ষে (shell) ছয়টি ইলেকট্রোন থাকে।

বৈসাদৃশ্য : (i) S কঠিন, O_2 গ্যাস। (ii) O_2 দাহক, S দাহ্য। (iii) O_2র নির্দিষ্ট যোজ্যতা আছে, S-এর যোজ্যতা নির্দিষ্ট নয়।

সাল্ফার বা গন্ধক

সংকেত, S   পাঃ আঃ ওঃ, 32   পাঃ আঃ সংখ্যা, 16

1777 খ্রীস্টাব্দে বিজ্ঞানী ল্যাভয়সিয়ার প্রথম প্রমাণ করেন, যে, সালফার কোন যৌগিক পদার্থ নহে, ইহা একটি মৌলিক পদার্থ।

১৯১। অবস্থান: (i) গন্ধককে মুক্ত অবস্থায় আগ্নেয়গিরি অঞ্চলে, (যথা জাপানে, সিসিলিতে), যুক্তরাষ্ট্রে ও বেলুচিস্তানে পাওয়া যায়। যুক্তরাষ্ট্রে টেক্সাসে ও লুইসিয়ানায় পৃথিবীর বৃহত্তম সাল্ফার খনি অবস্থিত। পৃথিবীর প্রয়োজনী $\frac{4}{5}$ ভাগ সাল্ফার এই খনি হইতে পাওয়া যায়। প্রাকৃতিক মুক্ত সাল্ফারকে ব্রিমস্টোনও (brimstone) বলে।

সাল্ফারকে **সাল্ফাইড** (Sulphide) রূপে আয়রন পাইরাইটিজে (Pyrites, FeS_2), ও কপার পাইরাইটিজে (Cu_2S, Fe_2S_3), সীসাঞ্জনে (Galena, PbS), জিঙ্ক ব্লেণ্ডিতে (Zinc blende, ZnS), হিঙ্গুলে (Cinnabar, HgS) ও অন্যান্য খনিজে পাওয়া যায়।

সালফারকে **সাল্ফেট** (Sulphate) রূপে জিপসামে Gypsum, $CaSO_4$, $2H_2O$), কিসেরাইটে (Kieserite, $MgSO_4$, H_2O) পাওয়া যায়। ইহা অনেক জৈব পদার্থে যথা পেঁয়াজ, রসুন, সরিষার তেল, চুল ও ডিমে পাওয়া যায়। চুল আগুনে পোড়াইলে পোড়া গন্ধকের গন্ধ পাওয়া যায়।

তামার সহিত গন্ধক মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে তামা নষ্ট হয় বলিয়া ইহাকে সংস্কৃত ভাষায় শূলভেরী (তামার শত্রু) বলে। আমাদের দেশে সাল্ফারকে বাংলায় গন্ধক বলে। বহুকাল হইতে গন্ধকের ব্যবহার চলিয়া আসিতেছে। বেদে, বাইবেলে ও অন্য অনেক প্রাচীন গ্রন্থে গন্ধকের উল্লেখ দেখা যায়। পূজাপার্বণে ধূপরূপে বা বিরঞ্জন কার্যে গন্ধকের ব্যবহার চলিয়া আসিতেছে। মশা তাড়াইবার জন্য ও রোগীর ঘর নির্দোষ করিবার জন্য আমরা অনেক সময় গন্ধক পোড়াইয়া থাকি। আমাদের দেশে বহু প্রাচীন কাল হইতে চিকিৎসা-শাস্ত্রে ও শিল্পে ইহা ব্যবহৃত হইয়া আসিতেছে।

আসাম, বিহার ও উড়িষ্যায় কিছু FeS_2 পাওয়া যায়। ভারতে মুক্ত সালফার আদৌও পাওয়া যায় না। ভারতে বিদেশ হইতে সালফার আমদানি করিতে হয়।

১৯২। গন্ধক উৎপাদন: (i) প্রাকৃতিক মৌলিকাবস্থার আকরিক হইতে গন্ধককে দুই উপায়ে নিষ্কাশন করা হয়। সাল্ফারের যৌগিক আকরিক

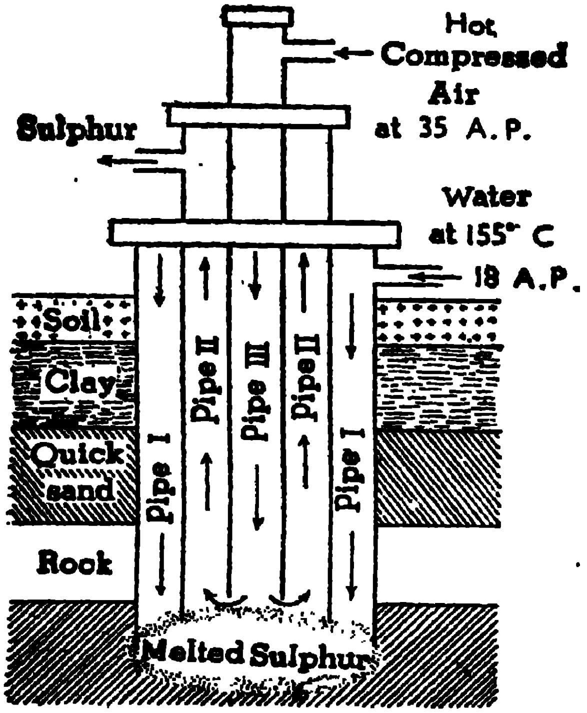
হইতে সাল্‌ফার উৎপাদন করা হয় না। অন্য পণ্যোৎপাদনের উপজাত হিসাবে সামান্য সালফার নিষ্কাশিত হয়।

নিষ্কাশণঃ (ক) সিসিলিতে ব্যবহৃত তরলায়ন (liquation) পদ্ধতিঃ সিসিলিতে পাহাড়ের ধাপে ধাপে অবস্থিত গন্ধকের আকরিকে 20% গন্ধক, পাথরকুচি, বালি, কাদা, জিপসাম প্রভৃতি মিশ্রিত থাকে। এই আকরিককে কাটিয়া পাহাড়ের ঢালু গায়ে ইষ্টকনির্মিত গোলাকার ভাঁটির (Calcaroni) ঢালু মেঝেতে গন্ধকের আকরিককে ভাঙিয়া বড় বড় চাঁই ফাঁক ফাঁক করিয়া রাখিয়া উপরের স্তরে আগুন লাগানো হয়। কিছু গন্ধক পুড়িয়া সাল্‌ফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস হইয়া চলিয়া যায়। সালফার পুড়িলে তাপ উৎপন্ন হয়। সেই তাপে নীচের বাকি গন্ধক গলিয়া ঢালু মেঝে দিয়া গড়াইয়া কাঠের ছাঁচে পড়ে। এই গন্ধকে 50% অশুদ্ধি থাকে। এই পদ্ধতিতে 30% গন্ধক পুড়িয়া নষ্ট হয়। সেইজন্য ভাঁটিকে কয়েকটি পরস্পর-সংলগ্ন প্রকোষ্ঠে ভাগ করিয়া উত্তপ্ত করা হয়। প্রথম প্রকোষ্ঠের গন্ধকের দহনে প্রাপ্ত উষ্ণ গ্যাস দ্বারা অপর প্রকোষ্ঠগুলি পরপর উত্তপ্ত করা হয়। এই ভাঁটিকে Gills ভাঁটি বলে।

এই উপায়ে অনেক সাল্‌ফার পুড়িয়া নষ্ট হয় বটে, কিন্তু সিসিলিতে কয়লা ও জ্বালানী কাষ্ঠ মহার্ঘ বলিয়া ইহা ছাড়া আর উপায় নাই। ইন্ধনের অভাবে সিসিলিতে এই অশুদ্ধ সাল্‌ফার পাতন ক্রিয়ার দ্বারা শোধন করা হয় না, ফ্রান্সের মার্সাই বন্দরে এই অশুদ্ধ সাল্‌ফার চালান যায়। সেখানে ইহা শোধিত হয়। সিসিলিতে সাল্‌ফারের প্রাচুর্যহেতু অনেক সময় ইহা জ্বালানি-রূপে ব্যবহৃত হয়।

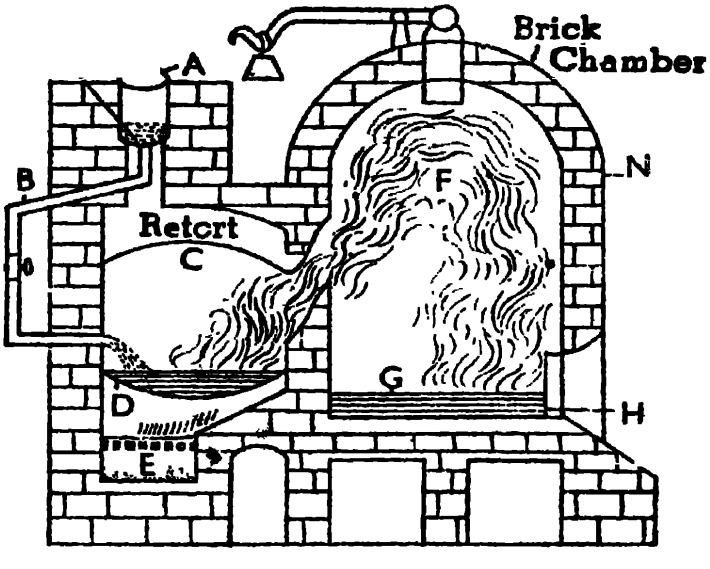
(খ) আমেরিকার পদ্ধতিঃ 1868 খ্রীস্টাব্দে লুইসিয়ানায় (Louisiana) মাটির 800 ফুট নীচে সালফারের সন্ধান পাওয়া যায়। এই সালফার আকরিককে মাটির অত নীচে হইতে উপরে তোলা এক মহা সমস্যা ছিল। কারণ খননকালে মাটির স্তর ধ্বসিয়া যায়। 1904 খ্রীস্টাব্দে ফ্রাস (Frasch) নিম্নলিখিত উপায় উদ্ভাবন করেন। লুইসিয়ানায় মাটির ভিতর কাদা, বালি ও চুনাপাথরের স্তরের পর 800 ফিট গভীরতায় খনিতে মুক্ত গন্ধক থাকে। (i) উপর হইতে গন্ধকস্তর পর্যন্ত একটি বড় গর্ত খনন করা হয়। (ii) এই গর্তের মধ্য দিয়া তিনটি সমকেন্দ্রিক (concentric) অর্থাৎ একটির ভিতর আর একটি মোটা নল এই স্তরগুলি ভেদ করিয়া গন্ধক স্তর পর্যন্ত বসানো

হয়। (iii) বহির্নল (I) দিয়া অতি তপ্ত (superheated) জল (180°C) পাম্পের দ্বারা 10 – 18 বায়ু-চাপে নীচে জোরে নামানো হয়। তপ্ত জল গন্ধককে গলাইয়া ফেলে। (জলের স্ফুটনাঙ্ক 100°C হইলেও অধিক চাপে 155°C উষ্ণতায় জল তরল থাকে।) (iv) সকলের মধ্যের নল (III) দিয়া 35 বায়ু-চাপের (A. P.) বায়ু পাম্প দিয়া নীচে পাঠানো হয়। অধিক চাপের বায়ু যখন বুদ্বুদের আকারে গলিত সালফারের ভিতর অতিক্রম করে তখন সাল্ফার ফেনায়িত হয়। এই অধিক চাপের বায়ু গন্ধকের ফেনাকে দ্বিতীয় নল (II) দিয়া মাটির উপর ঠেলিয়া তোলে। গলিত গন্ধককে কাঠের পিপায় (vat) লইয়া শীতল করা হয়, জল উপিয়া যাইলে গন্ধক কঠিন হয়। ইহাতে 99·5% গন্ধক থাকে। এক একই পদ্ধতিতে নিষ্কাশন ও বিশুদ্ধীকরণ দুইই হয়।



৮৮নং চিত্র—গন্ধক-উৎপাদন

গন্ধকের বিশুদ্ধীকরণ ঃ আমেরিকার সালফার প্রায় বিশুদ্ধ। সিসিলির সালফার পাতন দ্বারা বিশুদ্ধ করা হয়। গন্ধককে পাতন-ক্রিয়া দ্বারা বিশুদ্ধ করা হয়। (i) অশুদ্ধ (crude) গন্ধককে উপযুক্ত লোহার বড় পাত্রে গলানো হয়। (ii) গলিত গন্ধক B নল দিয়া নীচে C লোহার বকযন্ত্রে (retort) যায়। গন্ধককে বকযন্ত্রে D পাত্রে E আগুনে গরম করা হয়। (iii) গন্ধক 444°Cতে ফুটিতে



৮৯নং চিত্র—গন্ধকের বিশুদ্ধীকরণ

থাকে এবং বাষ্প ইষ্টকের F বৃহৎ প্রকোষ্ঠে ঢোকে। প্রথমে বাষ্প ঠাণ্ডা দেওয়ালের গায়ে হল্‌দে গুঁড়ারূপে ঘনীভূত হয়। ইহাকে **গন্ধকরজ** (flowers of sulphur) বলে। (iv) প্রকোষ্ঠ গরম হইতে উষ্ণতা যখন 113°Cতে (গন্ধকের গলনাঙ্ক) আসে তখন হল্‌দে নরম গুঁড়া গলিয়া G মেঝেতে জমে। গলিত গন্ধককে H নল দিয়া বাহির করিয়া গোল ছাঁচে ঢালিয়া কঠিন করা হয়। ইহাকে **বাতিগন্ধক** (Roll sulphur) বলে। (vi) বাতি গন্ধককে CS_2তে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবকে ছাঁকিয়া পরিস্রুতকে বাষ্পীভূত করিলে অতি বিশুদ্ধ রম্বিক গন্ধক পাওয়া যায়।

$$\text{অবিশুদ্ধ S} \xrightarrow{444°C} \text{S বাষ্প} \xrightarrow{\text{ঘনীভবন}} \text{S গুঁড়া} \xrightarrow{113°C} \text{তরল S} \xrightarrow{\text{ঘনীভবন}} \text{কঠিন S.}$$

(iii) **উপজাত** (Bye-product) **গন্ধক** (Chance's Process) : (ক) Leblanc পদ্ধতিতে Na_2CO_3-এর পণ্য উৎপাদনে Na_2CO_3-এর অপসারণের পর ক্ষারীয় অবশেষে (alkali waste) অদ্রাব্য CaS পড়িয়া থাকে। লোহার পাত্রে এই অবশেষের মধ্য দিয়া চুনের ভাঁটি হইতে উৎপন্ন CO_2 অতিক্রম করাইলে H_2S পাওয়া যায়। এই H_2Sকে অল্প বায়ুতে পোড়াইলে সালফার পাওয়া যায়; $CaS + CO_2 + H_2O = CaCO_3 + H_2S$; $2H_2S + O_2 = 2H_2O + 2S$। Leblanc পদ্ধতি অপ্রচলিত হওয়ায় এই প্রণালীও অপ্রচলিত হইয়াছে।

(খ) কোলগ্যাসে হাইড্রোজেন সালফাইড (H_2S) ও কারবন ডাইসালফাইড (CS_2) গ্যাস মিশ্রিত থাকে। আবার কোলগ্যাসকে সূক্ষ্ম নিকেল গুঁড়ার উপর দিয়া অতিক্রম করাইলে কোলগ্যাসের হাইড্রোজেন ও CS_2-এর ক্রিয়ার ফলে H_2S উৎপন্ন হয়। আর্দ্র ফেরিক অক্সাইডের উপর দিয়া কোলগ্যাস পরিচালিত করাইলে ইহা H_2S শোষণ করিয়া আয়রন সালফাইডে পরিণত হয়;

$$2Fe(OH)_3 + 3H_2S = Fe_2S_3 + 6H_2O.$$

যখন আর্দ্র ফেরিক অক্সাইডের H_2Sকে শোষণ করিবার ক্ষমতা চলিয়া যায়, তখন এই নিঃশেষিত আয়রন অক্সাইডে (Spent Oxide) Fe_2S_3 থাকে। ইহাতে 50%S থাকে। ইহাকে বাতাসের সংস্পর্শে রাখিলে সালফার উৎপন্ন হয়।

$$2Fe_2S_3 + 3O_2 + 6H_2O = 4Fe(OH)_3 + 6S.$$

এই সালফার পোড়াইয়া SO_2 উৎপন্ন করিয়া H_2SO_4 উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়। আবার কখন কখন এই সালফার সংগ্রহ করা হয়।

(গ) সালফাইড খনিজ হইতে ধাতু নিষ্কাশনের সময় সালফার ডাইঅক্সাইড উপজাত হিসাবে পাওয়া যায়। এই SO_2 গ্যাস 'শ্বেততপ্ত কোকের উপর দিয়া অতিক্রম করাইলে সাল্‌ফার বাষ্প উৎপন্ন হয়। এই বাষ্পকে শীতল করিলে কঠিন সালফার পাওয়া যায়:

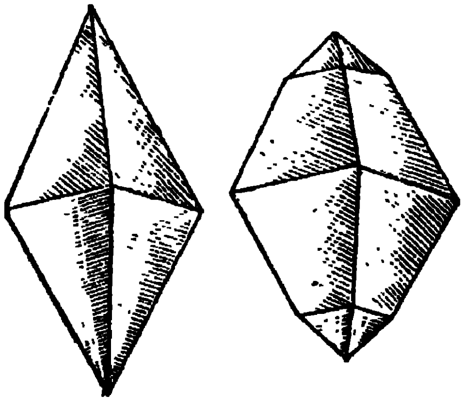
$$C+SO_2=CO_2+S.$$

১৯৩। গন্ধকের বহুরূপ: প্রস্তুতপ্রণালী ও ধর্ম: গন্ধকের দুইটি স্ফটিক ও দুইটি অনিয়তাকার রূপ আছে:—

স্ফটিক রূপ: (ক) **রম্বিক** (Rhombic), (খ) **প্রিসমেটিক** (Prismatic or monoclinic) গন্ধক।

অনিয়তাকার রূপ: (গ) নমনীয় (Plastic), (ঘ) গন্ধক-দুধ (Milk of sulphur), (ঙ) সাদা গন্ধক (White sulphur), ও (চ) কলয়েড (Colloidal) গন্ধক।

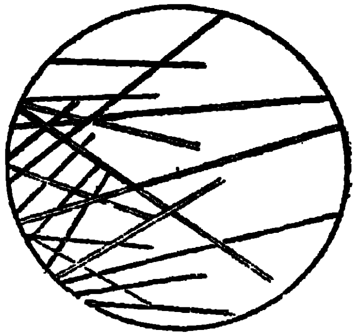
(ক) রম্বিক গন্ধক: ইহাকে α-গন্ধকও বলে। (i) **প্রস্তুত প্রণালী** পূর্বে বলা হইয়াছে। (ii) **ধর্ম:** ইহার স্ফটিকের আটটি পলা বা পৃষ্ঠতল আছে। ইহাকে অষ্টপলা (Octahedral) গন্ধকও বলে। ইহা সর্বাপেক্ষা সুস্থিত রূপ। সুতরাং ইহাকে প্রকৃতিতে পাওয়া যায়। ইহাকে দ্রুত উত্তপ্ত করিলে ইহা 112 8°Cতে গলে কিন্তু ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করিলে ইহা 119·5%-Cতে গলে তাহার কারণ ইহা 96·5Cতে প্রিসমেটিক আকারে পরিণত হয়। ইহার ঘনাঙ্ক 2·05। ইহা জলে অদ্রাব্য কিন্তু কারবন ডাইসালফাইড, বেনজিন ও ক্লোরোফর্মে দ্রাব্য। ইহা ভঙ্গুর, স্বচ্ছ। ইহা তাপ ও তড়িৎ অপরিবাহী। ইহার স্ফটিক ফিকে হল্‌দে বর্ণের ও রম্বিক আকারের হয়।



৯০নং চিত্র—রম্বিক গন্ধকের স্ফটিক

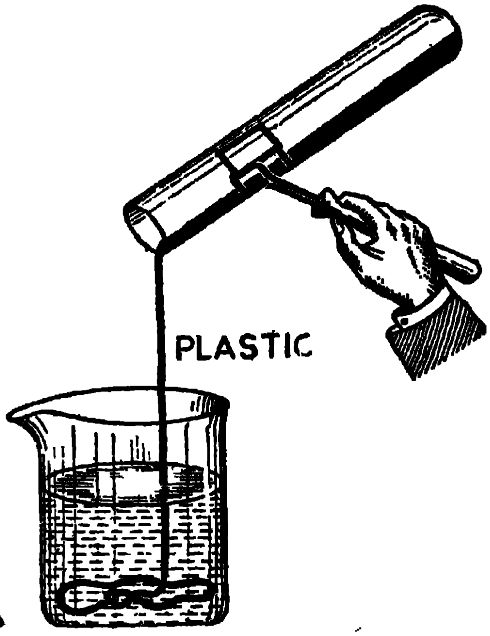
(খ) প্রিস্‌মেটিক গন্ধক: (i) **প্রস্তুত প্রণালী:** রম্বিক গন্ধককে একটি বড় মুচিতে গলাও। ইহা 119·5°Cতে গলিয়া হল্‌দে তরলে পরিণত

হয়। মুচিকে না নাড়িয়া ধীরে ধীরে শীতল কর। গলিত গন্ধকের উপরে একটি কঠিন স্তর পড়ে। একটি কাচদণ্ড দিয়া স্তরে দুইটি ছিদ্র কর। ছিদ্র দিয়া ভিতরের তরল গন্ধক ঢালিয়া ফেল। দেখা যায়, মুচির সর্বাঙ্গ হইতে প্রিজমের আকারের গন্ধকের লম্বা ছুঁচ বাহির হইয়াছে।


৯১নং চিত্র—প্রিস্‌মেটিক গন্ধক

(ii) **ধর্ম:** ইহাকে β বা monoclinic গন্ধকও বলে। ইহা গন্ধকের দুঃস্থিত রূপ এবং সাধারণ উষ্ণতায় ধীরে ধীরে রম্বিক রূপে পরিবর্তিত হয়। ইহার গলনাঙ্ক 120°C, ঘনাঙ্ক 1·93; ইহা জলে অদ্রাব্য কিন্তু CS_2তে দ্রাব্য। ইহা ভঙ্গুর ও স্বচ্ছ। 96·5°C উষ্ণতায় রম্বিক ও প্রিস্‌মেটিক দুইই সুস্থিত। 96·5°Cর উপরে প্রিস্‌মেটিক এবং 96·5°Cর নীচে রম্বিক গন্ধক সুস্থিত। এই উষ্ণতাকে পরিবর্তক উষ্ণতা (transition temperature) বলে। $S_\alpha \overset{96\cdot5^\circ C}{\rightleftharpoons} S_\beta$. প্রিস্‌মেটিক গন্ধকের অস্তিত্ব 95·5°C হইতে 119·5°C পর্যন্ত।

(গ) **নমনীয় গন্ধক:** (i) **প্রস্তুত প্রণালী:** গুঁড়া বাতি গন্ধককে একটি শক্ত কাচনলে গরম করিয়া (119·5°C) গলাও। গলিত গন্ধককে প্রায় স্ফুটনাঙ্ক (444°C) পর্যন্ত উত্তপ্ত কর। ইহা ঘোর বাদামি বর্ণের হয়। এই ফুটন্ত তরল গন্ধককে একটি বীকারে ঠাণ্ডা জলের মধ্যে সরু সূতার আকারে ঢালিলে নমনীয় গন্ধক পাওয়া যায়।



৯২নং চিত্র—নমনীয় গন্ধকের প্রস্তুতি

(ii) **ধর্ম:** ইহা নরম ও রবারের মত স্থিতিস্থাপক। ইহা দুঃস্থিত এবং সাধারণ উষ্ণতায় রম্বিক গন্ধকে পরিণত হয়। ইহা ছাই বর্ণের। ইহার ঘনাঙ্ক 1·92। ইহা জলে ও CS_2তেও অদ্রাব্য।

(ঘ) **গন্ধক-দুধ:** (i) **প্রস্তুত প্রণালী:** গুঁড়া গন্ধককে চুনগোলার

সহিত ফুটাও। ক্যালসিয়াম পেণ্টাসাল্‌ফাইড (Pentasulphide) ও থাওসাল্‌ফেট গঠিত হয়; $3Ca(OH)_2+12S=2CaS_5+CaS_2O_3+3H_2O$। মিশ্রণকে থিতাইতে দাও। উপরের পরিষ্কার দ্রবণকে ঢালিয়া লও। দ্রবণে CaS_5 থাকে। দ্রবণে লঘু HCl দিলে সাদা সূক্ষ্ম গন্ধক অধঃক্ষিপ্ত হয়; $CaS_5+2HCl=CaCl_2+H_2S+4S$.

(ii) **ধর্ম:** ইহার বর্ণ দুধের মত সাদা, ঘনাঙ্ক 1·82। তাপে ইহা রম্বিক গন্ধকে পরিণত হয়। ইহা জলে অদ্রাব্য কিন্তু CS_2তে দ্রাব্য।

(ঙ) সাদা গন্ধক: গন্ধক-রজকে CS_2তে দ্রাবিত করিলে যেটুকু অদ্রাব্য থাকে তাহাকে সাদা গন্ধক বলে।

(চ) কলয়েড (Colloidal) **গন্ধক:** (i) ঠাণ্ডা জলে SO_2-এর সংপৃক্ত দ্রবে H_2S গ্যাস অতিক্রম করাইলে ($SO_2+2H_2S=2H_2O+3S$), এবং (ii) α-গন্ধকের কোহলীয় দ্রবকে অতিরিক্ত ঠাণ্ডা জলে ফেলিলে কলয়েড গন্ধক পাওয়া যায়। ইহা জলে দুধের মত ঘোলাটে সাদা রং ধারণ করে। ইহা অতিসূক্ষ্ম গুঁড়ার আকারে জলে ভাসে। ইহার কণা এত সূক্ষ্ম যে ইহাকে ফিলটার কাগজের সাহায্যে ছাঁকা যায় না।

সোডিয়াম থায়োসালফেটের পাতলা দ্রবণের মধ্যে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিলে কলয়েডাল সালফার উৎপন্ন হয়; $Na_2S_2O_3+H_2SO_4=Na_2SO_4+SO_2+H_2O+S$.

১৯৪। **গন্ধকের বহুরূপে একই মৌল থাকে:** (i) নির্দিষ্ট পরিমাণ (মনে কর, এক গ্রাম) যে-কোন প্রকার গন্ধককে O_2তে পোড়াইলে একই পরিমাণ SO_2 পাওয়া যায়। (ii) এক গ্রাম প্রত্যেক প্রকার বিশুদ্ধ গন্ধককে ঘন HNO_3-এর সহিত উত্তপ্ত করিলে একই পরিমাণ H_2SO_4 উৎপন্ন হয়। $S+6HNO_3=H_2SO_4+6NO_2+2H_2O$. ইহাতে $BaCl_2$ দিয়া একটু গরম করিলে $BaSO_4$ অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই $BaSO_4$কে পরিস্রাবণ ও ধৌত করিয়া এবং স্টীম-প্রকোষ্ঠে শুষ্ক করিয়া ওজন করিলে ইহার পরিমাণ প্রত্যেক ক্ষেত্রে 7·28 গ্রাম হয়।

১৯৫। **গন্ধকের সাধারণ ধর্ম:** **ভৌত ধর্ম:** (i) সাধারণ বাজারে যে গন্ধক পাওয়া যায় তাহা ফিকে হল্‌দে, ভঙ্গুর, অস্বচ্ছ স্ফটিকাকার কঠিন। ইহা তাপ ও বিদ্যুতের অপরিবাহী, ইহা জলে অদ্রাব্য, কিন্তু কারবন ডাইসালফাইড ও বেনজিনে বা তার্পিন তৈলে দ্রাব্য। (ii) **তাপের ফল:** 112·8°C-তে

কঠিন গন্ধক ফিকে হলুদে প্রবহমান (mobile) পরিষ্কার তরলে পরিণত হয়। আরও তাপ-বৃদ্ধিতে তরল গন্ধকের বর্ণ গাঢ় হয়। ইহার সান্দ্রতা বাড়িতে থাকে এবং ইহা চটচটে (viscous) হয়। 2·30°Cতে ইহার সান্দ্রতা এত বাড়িয়া যায় যে ইহা প্রায় কঠিন ও কালো হয়, 300°C-এর উপরে ইহা আবার প্রবাহমান হয়। 444·6°Cতে ইহা ফুটিতে থাকে। ইহাকে শীতল করিলে এই সকল পরিবর্তন বিপরীতমুখী হয়।

রাসায়নিক ধর্ম : (i) গন্ধক বায়ুতে নীল শিখার সহিত জ্বলিয়া SO_2 এবং অল্প SO_3 উৎপন্ন করে ; $S+O_2=SO_2$; $2S+3O_2=2SO_3$. SO_2-এর বিশিষ্ট গন্ধ পাওয়া যায়। (ii) ইহা অনেক উত্তপ্ত ধাতুর (যথা Fe, Cu, Hg, Na, Ag) সহিত যুক্ত হইয়া **সালফাইড** গঠন করে। সালফার-বাষ্পের মধ্যে তামার পাত ধরিলে তামার পাত জ্বলিয়া উঠে। সোডিয়াম ধরিলে ইহা জ্বলিয়া উঠে এবং অগ্নিস্ফুলিঙ্গ ছড়াইয়া পড়ে। $Fe+S=FeS$, $Zn+S=ZnS$; $Cu+S=CuS$; $2Na+S=Na_2S$. (iii) ইহা জারক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয়। উষ্ণ গাঢ় H_2SO_4 অ্যাসিড গন্ধকের সঙ্গে SO_2 দেয়। গাঢ় HNO_3 অ্যাসিড গন্ধকের সঙ্গে H_2SO_4 দেয় ; $S+2H_2SO_4=3SO_2+2H_2O$; $S+6HNO_3=6NO_2+H_2SO_4+2H_2O$. (iv) ইহা উষ্ণ ক্ষারীয় দ্রবে দ্রবীভূত হইয়া সালফাইড ও থায়োসাল্ফেট দেয় ; সালফাইড আরও গন্ধকের সঙ্গে যুক্ত হইয়া পলিসাল্ফাইড দেয় : $4S+6KOH=2K_2S+K_2S_2O_3+3H_2O$. $K_2S+4S=K_2S_5$. (v) ইহা তাপের সাহায্যে সাক্ষাৎভাবে অধাতব মৌল, যথা হাইড্রোজেন, হ্যালোজেন, কার্বন, ফস্‌ফরাস প্রভৃতির সঙ্গে যুক্ত হয় : $H_2+S=H_2S$; $2S+Cl_2=S_2Cl_2$; $S+3F_2=SF_6$; $C+2S=CS_2$ (লোহিত তাপে)

১৯৬। **ব্যবহার :** (i) গন্ধক পোড়াইয়া SO_2 উৎপন্ন করা হয়। এই SO_2 আবার H_2SO_4 ও ক্যালসিয়াম বাই-সালফেট $Ca(HSO_3)_2$ উৎপাদনে ও বিরঞ্জক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। (ii) ইহা CS_2, থায়োসালফেট, S_2Cl_2, বারুদ, দেয়াশালাই, বাজি, ধূপ, প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়। রবারের সঙ্গে গন্ধক যুক্ত হইলে রবারের আঠালো গুণ চলিয়া যায়। ইহাকে Vulcanisation বলে। গন্ধক মলমে, ঔষধে ও জীবাণুনাশকরূপে ব্যবহৃত হয়।

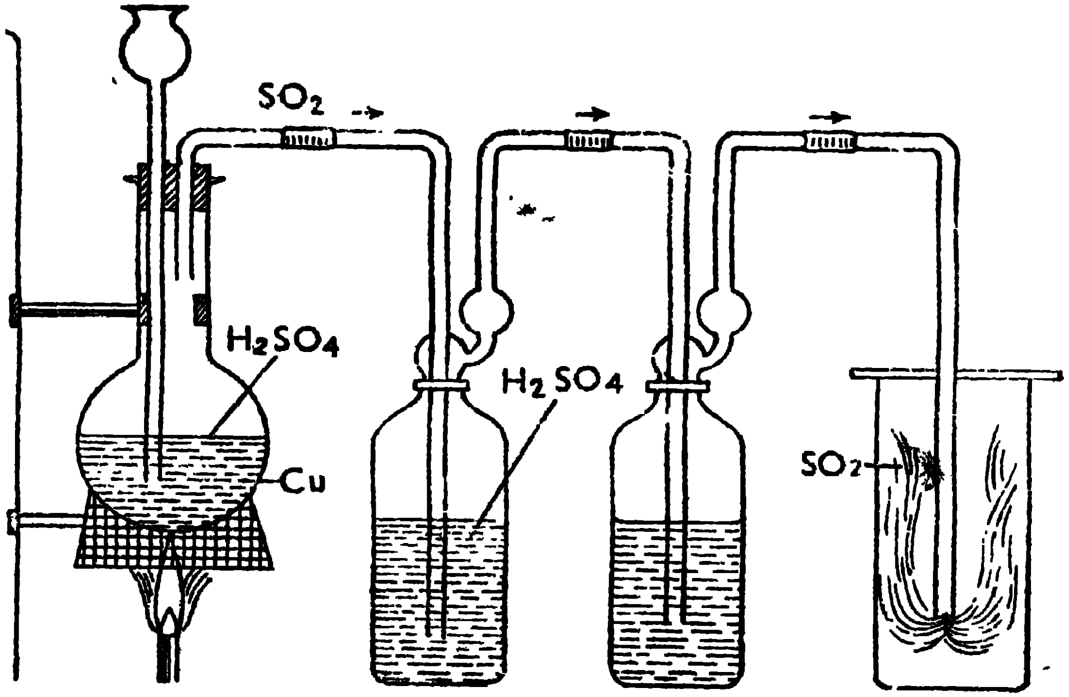
সাল্ফার ডাই-অক্সাইড

সংকেত, SO_2 আ: গু:, 64 ঘনাঙ্ক, 32

১৯৬ (ক)। সালফার দহনে উৎপন্ন ধোঁয়া দ্বারা রোগীর ঘর বিশুদ্ধ করা ও সূতীবস্ত্র বিরঞ্জন করার পদ্ধতি প্রাচীনকালে জানা ছিল। এই গ্যাস সালফার ডাই-অক্সাইড। প্রিস্টলী গাঢ় H_2SO_4-এর সঙ্গে পারদ উত্তপ্ত করিয়া প্রথমে সাল্ফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করেন। ল্যাভয়সিয়ার প্রথম প্রমাণ করেন যে, এই গ্যাস সাল্ফার ডাই-অক্সাইড।

আগ্নেয়গিরির গ্যাসে সালফার ডাই-অক্সাইড থাকে। আগ্নেয়গিরি অঞ্চলের প্রস্রবণের জলে কিছু সাল্ফার ডাই-অক্সাইড আছে। কয়লা পোড়াইলে কারবণ ডাই-অক্সাইডের সহিত কিছু সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়, কারণ কয়লায় সামান্য সালফার থাকে।

১৯৭। প্রস্তুত প্রণালী: (ক) বিজারণ পদ্ধতি নীতি: গাঢ় H_2SO_4-কে তাপের সাহায্যে Cu, Hg, Ag, S বা C দ্বারা বিজারিত করিলে SO_2 পাওয়া যায়; $Cu+2H_2SO_4=CuSO_4+2H_2O+SO_2$; $C+2H_2SO_4=2H_2O+2SO_2+CO_2$; $S+2H_2SO_4=2H_2O+3SO_2$. $Hg+2H_2SO_4=HgSO_4+SO_2+2H_2O$.



৯৩নং চিত্র—SO_2 উৎপাদন

(খ) পরীক্ষাগার প্রণালী: (i) দুই বার সমকোণে বাঁকানো নির্গমনল ও দীর্ঘনল ফানেলযুক্ত একটি গোলতলা ফ্লাস্কে তামার ছিল্‌কা (Copper turnings) লও। ফ্লাস্ককে বন্ধনীর সাহায্যে দণ্ডে আটকাও। (ii) ফানেল হইতে গাঢ় H_2SO_4 ঢাল যাহাতে ছিল্‌কা ও ফানেলের শেষপ্রান্ত অ্যাসিডে ডুবিয়া থাকে। (iii) ফ্লাস্ককে তারজালির উপর সামান্য গরম কর। গ্যাস উদ্ভূত হইতে আরম্ভ করিলেই দীপ সরাইয়া লও। উদ্ভূত SO_2কে গাঢ় H_2SO_4 পূর্ণ দুইটি গ্যাসধাবকের মধ্য (wash bottle) দিয়া শুষ্ক করিয়া জারে বায়ুর ঊর্ধ্বভ্রংশ দ্বারা সংগ্রহ কর (কারণ গ্যাস বায়ু অপেক্ষা ভারী) কিংবা পারদের উপর সংগ্রহ কর। ফ্লাকে কিছু কালো CuS উৎপন্ন হওয়ায় $CuSO_4$-এর নীলবর্ণ দেখা যায় না। আবার সামান্য SO_3 উৎপন্ন হওয়ায় গ্যাসটি ধোঁয়াটে দেখায়।

(ii) সালফারকে বায়ুতে বা অক্সিজেনে পোড়াইলে ইহা জারিত হইয়া SO_2 উৎপন্ন করে।

(iii) সালফিউরাস অ্যাসিডের (H_2SO_3) লবণকে সালফাইট বলে। বিনা তাপে ফ্লাস্কে ধাতব সালফাইট বা বাই-সাল্‌ফাইটের উপর দীর্ঘনল ফানেল হইতে পাতলা HCl-এর ক্রিয়ায় SO_2 উৎপন্ন হয়। SO_2 নির্গমনল দিয়া বাহির হইয়া গ্যাসজারে বায়ুর ঊর্ধ্বভ্রংশ দ্বারা জমে।

$$Na_2SO_3 + 2H_2SO_4 = 2NaHSO_4 + H_2O + SO_2$$
$$2NaHSO_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2H_2O + 2SO_2$$

(গ) পণ্যোৎপাদন: সালফারকে বায়ুতে পোড়াইলে SO_2 হয়। এই SO_2কে স্তম্ভে ঠাণ্ডা জলে দ্রবীভূত করা হয়; অন্য গ্যাস (যথা N_2, O_2 ইত্যাদি) চলিয়া যায়। অন্য পাত্রে এই দ্রবণকে ফুটাইলে SO_2 পুনরুত্থিত হয়। ইহাকে গাঢ় H_2SO_4-এর মধ্য দিয়া অতিক্রম করাইয়া শুকাইয়া উচ্চ চাপে তরল করিয়া চোঙে ভরা হয়; $S + O_2 = SO_2$.

(ii) আয়রন পাইরাইটিজ (FeS_2), কপার পাইরাইটিজ, (Cu_2S, Fe_2S_3), জিঙ্ক ব্লেণ্ডি (ZnS) বা নিঃশেষিত আয়রন অক্সাইডকে বায়ুতে ভর্জিত করিলে SO_2 উৎপন্ন হয়।

$$4FeS_2 + 11O_2 = 2Fe_2O_3 + 8SO_2 \; ; \; 2ZnS + 3O_2 = 2ZnO + 2SO_2$$

১৯৮। **ধর্ম: ভৌত ধর্ম:** (i) সালফার ডাই-অক্সাইড বর্ণহীন, শ্বাসরোধী ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত গ্যাস। ইহার বাষ্পীয় ঘনাঙ্ক ·32। (ii) ইহা বায়ু অপেক্ষা

ভারী। (iii) ইহা জলে খুব দ্রাব্য। অ্যামোনিয়ার ফোয়ারা-পরীক্ষার মত SO_2-এর জলে দ্রাব্যতা ও অ্যাসিড ধর্ম দেখাইবার জন্ত ফোয়ারা পরীক্ষা করা যায় (২৬৩নং পৃষ্ঠায় ১২নং চিত্র)। (iv) ইহা সাধারণ উষ্ণতায় একটু বেশী চাপে বা সাধারণ চাপে হিম-মিশ্রে তরল হয়। তরল SO_2 $-10°C$ উষ্ণতায় ফুটে।

রাসায়নিক ধর্ম : (i) **জারক গুণ :** সালফার ডাইঅক্সাইড দাহ্য নহে এবং সাধারণভাবে ইহা দহনের সহায়কও নহে। হাইড্রোজেনের শিখা বা জলন্ত বাতি ইহাতে নিবিয়া যায়, কিন্তু জলন্ত K, Ca, Pb, Sn, Fe, C বা Mg এই গ্যাসপূর্ণ জারে জলিতে থাকে। তাপে SO_2 বিশ্লিষ্ট হইয়া O_2 উৎপন্ন করে। এই অক্সিজেন দহনে সহায়তা করে অর্থাৎ SO_2 অন্ত পদার্থকে অক্সিজেন দান করে। সুতরাং SO_2 পরোক্ষভাবে **জারক** হিসাবে ক্রিয়া করে। $4K+3SO_2=K_2SO_3+K_2S_2O_3$; $3Fe+SO_2=2FeO+FeS$। সাল্‌ফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস H_2Sকে ও কারবনকে জারিত করে এবং নিজে বিজারিত হইয়া সালফার উৎপন্ন করে : $SO_2+2H_2S=2H_2O+3S$; $SO_2+C=CO_2+S$.

(ii) Pt. যুক্ত অনার্দ্র $MgSO_4$, প্ল্যাটিনামঘটিত অ্যাসবেস্টস (450° উষ্ণতায়) প্রভৃতি অনুঘটকের উপস্থিতিতে SO_2 ও O_2 ক্রিয়া করিয়া SO_3 উৎপন্ন করে ; $2SO_2+O_2=2SO_3$। NO_2 ও SO_2কে জারিত করিয়া SO_3 করে ; $NO_2+SO_2=SO_3+NO$। এই দুই উপায়ে H_2SO_4-এর পণ্যোৎপাদনে প্রচুর SO_3 উৎপন্ন হয়।

ওজোনের সহিত SO_2 ক্রিয়া করিয়া SO_3 গঠন করে ; $3SO_2+O_3=3SO_3$.

(iii) **জলীয় দ্রব আম্লিক**। জলীয় দ্রবে দুঃস্থিত H_2SO_3 গঠিত হয় : জলীয় দ্রবণ নীল লিটমাসকে লাল করে। দ্রবকে গরম করিলে সমস্ত SO_2 ফেরত পাওয়া যায়। এই জলে নীল লিটমাস দিলে লাল হয় না। $SO_2+H_2O \rightleftharpoons H_2SO_3$। SO_2র জলে দ্রাব্যতা ও SO_2র অম্লতা ফোয়ারা পরীক্ষা দ্বারা দেখানো যায়।

(iv) **SO_2 একটি বিজারক : পরীক্ষা :** (ক) পাটলবর্ণের $KMnO_4$-এর আম্লিক দ্রবের বা কমলালেবু বর্ণের $K_2Cr_2O_7$-এর আম্লিক দ্রবের মধ্য দিয়া SO_2 গ্যাস অতিক্রম করাও। ইহারা বিজারিত হইয়া যথাক্রমে

ম্যাঙ্গানাস ও ক্রোমিয়াম সালফেট হয়। প্রথম দ্রব বর্ণহীন ও ও দ্বিতীয় দ্রব সবুজ হয়।

$$2KMnO_4+5SO_2+2H_2O=K_2SO_4+2MnSO_4+2H_2SO_4.$$

$$K_2Cr_2O_7+3SO_2+H_2SO_4=K_2SO_4+Cr_2(SO_4)_3+H_2O.$$

(খ) SO_2কে হলুদে ফেরিক ক্লোরাইডের মধ্য দিয়া লইলে সবুজ ফেরাস ক্লোরাইড হয়; $2FeCl_3+SO_2+2H_2O=2FeCl_2+H_2SO_4+2HCl.$

H_2S-এর বিজারণে S অধঃক্ষিপ্ত হয়; SO_2-এর বিজারণে তাহা হয় না।

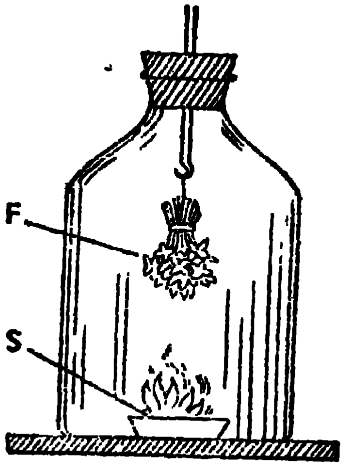
(গ) SO_2কে ক্লোরিন বা ব্রোমিন জলের ভিতর দিয়া কিংবা জলে প্রলম্বিত আয়োডিনের ভিতর দিয়া অতিক্রম করাইলে ইহারা বিজারিত হইয়া HX (X = Cl, Br বা I) অ্যাসিড গঠন করে এবং দ্রব বর্ণহীন হয়:

$$SO_2+X_2+2H_2O=2HX+2H_2SO_4$$

এই গুণের জন্য ইহাকে **ক্লোরিন সংহারক** (antichlor) বলে।

এই সকল বিজারণ ক্রিয়ায় SO_2 সর্বদাই H_2SO_4তে পরিণত হয়।

(v) **SO_2 একটি বিরঞ্জক**। SO_2 আর্দ্র রঙিন দ্রব্যকে বর্ণহীন করে। শুষ্ক SO_2 পূর্ণ গ্যাসজারে শুষ্ক রঙিন ফুল দিলে বিরঞ্জিত হয় না। ইহাতে দু-এক ফোঁটা জল দিলে বর্ণশূন্য হয়।



৯৪নং চিত্র—ফুল (F) সালফার ডাই-অক্সাইডে বিরঞ্জিত হব।

(vi) SO_2-র জলীয় দ্রব (অর্থাৎ H_2SO_3) নলে ভরিয়া নলের দুই মুখ বন্ধ করিয়া 150°Cতে উত্তপ্ত করিলে S পাওয়া যায়। ইহা CS_2তে দ্রবীভূত হয় এবং O_2তে জ্বলিয়া SO_2 দেয়। এই পরীক্ষায় প্রমাণ হয় যে, SO_2তে S আছে;

$$3H_2SO_3=S+2H_2SO_4+H_2O.$$

(vii) SO_2কে 1200°Cতে উত্তপ্ত করিলে বিশ্লিষ্ট হয়: $3SO_2=2SO_3+S.$

(viii) SO_2 ও Cl_2-এর মিশ্রণ উষ্ণ কারবনের মধ্য দিয়া যাইলে সালফিউরিল ক্লোরাইড গঠিত হয়: $SO_2+Cl_2=SO_2Cl_2.$

(ix) SO_2 ও উত্তপ্ত PbO_2 বা Na_2O_2 ক্রিয়া করিয়া সালফেট গঠন করে: $PbO_2+SO_2=PbSO_4$; $Na_2O_2+SO_2=Na_2SO_4.$

(x) **ক্ষারের ক্রিয়া : সালফাইট ও বাইসালফাইট :** SO_2 জলের সহিত দুঃস্থিত সালফিউরাস (H_2SO_3) অ্যাসিড গঠন করে। সুতরাং ইহা **আম্লিক অক্সাইড**। H_2SO_3 পৃথক করা যায় না। ইহা কেবল দ্রবেই থাকে।

H_2SO_3 দ্বিক্ষারী (dibasic) অ্যাসিড। সুতরাং ইহার দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু ধাতুর দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইলে প্রশম লবণ সালফাইট এবং একটি হাইড্রোজেন পরমাণু ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইলে বাই বা অ্যাসিড লবণ বাই সালফাইট উৎপন্ন হয়।

H_2SO_3 দুঃস্থিত অ্যাসিড হইলেও এই লবণগুলি সুঃস্থিত যৌগ।

H_2SO_3র সঙ্গে NaOH ও KOH দ্রবণ দুই রকম লবণ গঠন করে।

$H_2SO_3(=SO_2+H_2O)+2NaOH=Na_2SO_3+2H_2O.$

$H_2SO_3+NaOH=NaHSO_3+H_2O.$

সাধারণ উষ্ণতায় NaOH-এর দ্রবণের মধ্য দিয়া অতিরিক্ত SO_2 অতিক্রম করাইলে মেটা বাইসাল্ফাইট (meta bisulphite) উৎপন্ন হয়। ইহা ফটোগ্রাফিতে ব্যবহৃত হয় : $2NaHSO_3 = Na_2S_2O_5 + H_2O.$ Na_2CO_3-এর দ্রবণের মধ্য দিয়া SO_2 অতিক্রম করাইলে প্রথমে Na_2SO_3, পরে অতিরিক্ত SO_2 অতিক্রম করাইলে $NaHSO_3$ গঠিত হয় ;

$$Na_2CO_3+SO_2=Na_2SO_3+CO_2$$
$$Na_2SO_3+SO_2+H_2O=2NaHSO_3.$$

চুন-গোলার $Ca(OH)_2$ মধ্যে SO_2 দিলে প্রথমে অদ্রাব্য ক্যাল্সিয়াম, সাল্ফাইট গঠিত হয়। সেইজন্য দ্রব ঘোলাটে (milky) হয়। দ্রবে অতিরিক্ত SO_2 গ্যাস দিলে উহা দ্রাব্য বাইসালফাইটে পরিণত হয়।

$$Ca(OH)_2+SO_2=CaSO_3+H_2O \ ; \ CaSO_3+H_2O+SO_2 = Ca(HSO_3)_2.$$

১৯৯। **Cl_2 ও SO_2র বিরঞ্জক গুণের তুলনা :** উভয়ে জলের উপস্থিতিতে বিরঞ্জন করে। ইহারা শুষ্ক দ্রব্যকে বিরঞ্জন করে না।

(ii) Cl_2 জলের সহিত ক্রিয়া করিয়া জায়মান O উৎপন্ন করে। এই O রঙিন দ্রব্যকে জারিত করিয়া বর্ণহীন দ্রব্য উৎপন্ন করে : $H_2O+Cl_2 =2HCl+O$; রঙীন দ্রব্য + 2O = বর্ণহীন দ্রব্য। SO_2 জলের সহিত ক্রিয়া করিয়া জায়মান H উৎপন্ন করে : এই H-ই রঙিন দ্রব্যকে বিজারিত করিয়া বর্ণহীন দ্রব্য উৎপন্ন করে।

$SO_2+2H_2O=H_2SO_4+2H$; রঙিন দ্রব্য$+2H=$বর্ণহীন দ্রব্য সুতরাং Cl_2 **জারণের** দ্বারা, SO_2 **বিজারণের** দ্বারা রঙিন দ্রব্যকে বিরঞ্জন করে।

(iii) SO_2 দ্বারা বিরঞ্জিত বর্ণহীন দ্রব্যকে কোন কোন সময়ে বায়ুতে রাখিলে বর্ণ ফিরিয়া আসে। কখন কখন SO_2 রঙিন দ্রব্যের সঙ্গে যুক্ত হয়। এইরূপ বর্ণহীন দ্রব্যকে অম্ল বা ক্ষার দিয়া ধৌত করিলে SO_2 অপসারিত হয় এবং বর্ণ ফিরিয়া আসে। কিন্তু Cl_2 দ্বারা বিরঞ্জিত দ্রব্যের কখনও বর্ণ ফিরে না।

(iv) Cl_2 অপেক্ষা SO_2 মৃদু বিরঞ্জক। রেশম, পশম, স্পঞ্জ প্রভৃতি Clতে নষ্ট হয়, কিন্তু SO_2তে নষ্ট হয় না।

২০০। **পরীক্ষা :** (ii) গন্ধক পোড়ানোর গন্ধ দ্বারা (ii) বিরঞ্জকগুণ দ্বারা SO_2কে চেনা যায়। (iii) একটি $KMnO_4$ দ্রবে সিক্ত রঙিন কাচদণ্ডকে SO_2 গ্যাসে ধরিলে $KMnO_4$ বিরঞ্জিত হয়। কমলাবর্ণের $K_2Cr_2O_7$ সিক্ত ফিল্‌টার কাগজ এই গ্যাসে সবুজ হয়।

(iv) শ্বেতসার ও পটাসিয়াম আয়োডেট KIO_3 দ্রবে সিক্ত ব্লটিং কাগজ SO_2 গ্যাসে ধরিলে ব্লটিং কাগজ নীল হয়।

$$2KIO_3+5SO_2+4H_2O=I_2+2KHSO_4+3H_2SO_4.$$

২০১। **ব্যবহার :** ইহা সালফিউরিক অ্যাসিড, সাল্‌ফাইট ও বাইসাল্‌ফাইট লবণ উৎপাদনে, উল, সিল্ক, স্পঞ্জ, খড় প্রভৃতিকে বিরঞ্জন করিতে মৃদু বিরঞ্জক হিসাবে, জীবাণুনাশক রূপে, মৃদুর দ্রাবক হিসাবে, মাংস ও মৎস্য সংরক্ষণে, চিনি ও কেরোসিন তৈল-শোধনে, ক্লোরিন অপসারণে (antichlor) ব্যবহৃত হয়। হিমায়কে (refrigerator) তরল SO_2 শৈত্য উৎপাদনে এবং ঘরের বা রেল কামরার বায়ুর শীত-তাপ নিয়ন্ত্রণে ব্যবহৃত হয়। Na_2SO_3, $Ca(HSO_3)_2$ ও $CaSO_4$ কাগজশিল্পে ব্যবহৃত হয়।

H_2SO_4 ও সালফাইট প্রস্তুত করিবার জন্য লক্ষ লক্ষ মণ SO_2 উৎপন্ন হয়।

২০১ (ক)। **H_2CO_3 ও H_2SO_3-এর তুলনা :** (i) SO_2 জলে দ্রবীভূত হইলে দুঃস্থিত H_2SO_3 উৎপন্ন হয়। CO_2 জলে দ্রবীভূত হইলে দুঃস্থিত H_2CO_3 উৎপন্ন হয়। (ii) H_2SO_3 ও H_2CO_3 উভয়ই মৃদু অ্যাসিড। (iii) ইহারা দ্বিক্ষারিক অ্যাসিড। H_2SO_3 সালফাইট ও বাইসালফাইট লবণ গঠন করে। H_2CO_3 কারবনেট ও বাইকারবনেট লবণ গঠন করে।

(iv) H_2SO_3 ও H_2CO_3-এর জলীয় লবণ হইতে তাপ প্রয়োগে যথাক্রমে SO_2 ও CO_2 পুনরুৎপন্ন হয়।

২০২। **সালফাইটের উপস্থিতিতে কারবনেট সনাক্তকরণ:** সালফাইট ও কারবনেট উভয়েতে পাতলা HCl দিলে যথাক্রমে SO_2 ও CO_2 উৎপন্ন হয়; $Ca(OH)_2+CO_2=CaCO_3+H_2O$. $Ca(OH)_2+SO_2=CaSO_3+H_2O$. $CaCO_3$ ও $CaSO_3$ ইহারা উভয়েই জলে অদ্রাব্য। সুতরাং ইহারা উভয়ে চুনের জলকে ঘোলা করে। প্রথমে সাল্‌ফাইটকে সালফিউরিক অ্যাসিড যুক্ত $K_2Cr_2O_7$ দ্রব দিয়া সাল্‌ফেট করিয়া দ্রবে পাতলা HCl দিলে কেবল CO_2 উৎপন্ন হয়। ইহা চুনের জলকে ঘোলা করে।

শোষক: SO_2 গ্যাস NaOH, KOH বা $Ca(OH)_2$ দ্রবণ দ্বারা শোষিত হয়।

সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন বা হাইড্রোজেন সাল্‌ফাইড

(Sulphuretted Hydrogen or Hydrogen Sulphide)

সূত্র, H_2S; পাঃ আঃ ওঃ 34, গলনাঙ্ক,—85·6°C, স্ফুটনাঙ্ক,—60·7°C, ঘনাঙ্ক—17.

শীলে (Scheele) 1777 খ্রীষ্টাব্দে প্রমাণ করেন যে, এই গ্যাস সালফার ও হাইড্রোজেনের যৌগ।

২০৩। **অবস্থান:** (i) হাইড্রোজেন সাল্‌ফাইডকে অনেক প্রস্রবণের জলে ও আগ্নেয়গিরির গ্যাসে দেখা যায়। (ii) গন্ধকযুক্ত উদ্ভিজ্জ ও প্রাণিজ দ্রব্য পচিলে H_2S গ্যাস উৎপন্ন হয়। এই গ্যাসের জন্য পচা ডিমে, পচা পশুর চামড়ায় দুর্গন্ধ হয়। পচা ডিমে রূপার চামচ স্পর্শ করিলে এই গ্যাসের জন্য চামচ কালো হয়।

২০৪। **প্রস্তুত প্রণালী:** (i) ফুটন্ত গন্ধককে H_2 অতিক্রম করাইলে বা (ii) H_2 ও S-এর বাষ্পের মিশ্রণকে 450°Cতে উত্তপ্ত সূক্ষ্ম Ni গুঁড়ার উপর দিয়া বা লোহিত তপ্ত পিউমিস (Pumice) পাথরের উপর দিয়া অতিক্রম করাইলে H_2S উৎপন্ন হয়; $H_2+S=H_2S$

(iii) **পরীক্ষাগার প্রণালী: নীতি:** ফেরাস সালফাইডের সঙ্গে পাতলা HCl বা H_2SO_4-এর ক্রিয়ায় H_2S উৎপন্ন হয়।

$$FeS+H_2SO_4=H_2S+FeSO_4. \quad FeS+2HCl=FeCl_2+H_2S.$$

পদ্ধতি: এক মুখে সমকোণে বাঁকানো নির্গমনল ও অপর মুখে দীর্ঘনল ফানেলযুক্ত উলফ বোতলে কয়েক টুকরা FeS লও। নির্গমনলের প্রান্তকে সোজা গ্যাসজারের মধ্যে রাখ। বোতলে সামান্য জল ঢাল যাহাতে ফানেলের প্রান্ত জলে নিমজ্জিত থাকে। প্রথমে যন্ত্রটি বায়ু-নিরুদ্ধ হইয়াছে কিনা দেখা হয়। ফানেল দিয়া পাতলা H_2SO_4 (1 : 6) ঢাল। উদ্ভূত H_2Sকে বায়ুর উর্ধ্বভ্রংশ দ্বারা কিংবা গরম জলের উপর গ্যাসজারে সংগ্রহ কর। কারণ ইহা বায়ু অপেক্ষা ভারী এবং গরম জলে অদ্রাব্য।

পরীক্ষাগারে দ্রুত সরবরাহের জন্য কিপ-এর যন্ত্র ব্যবহার করা হয়। কিপ-যন্ত্রের মধ্যের গ্লোবে ফেরাস সালফাইড রাখা হয়। উপরের গ্লোবে পাতলা HCl ঢালা হয়। প্রয়োজন হইলে মধ্যের গ্লোবের নির্গমনল খুলিতে হয় এবং প্রয়োজন না হইলে নির্গমনল বন্ধ করিতে হয়।

দ্রষ্টব্য: (1) HNO_3 অ্যাসিড H_2Sকে জারিত করে বলিয়া FeS হইতে H_2S প্রস্তুতে HNO_3 অ্যাসিড ব্যবহার করা যায় না। $2HNO_3+H_2S=2NO_2+2H_2O+S$.

(2) এই গ্যাস পারদের সঙ্গে ক্রিয়া করে বলিয়া পারদের উপর সংগ্রহ করা যায় না।

বিশুদ্ধীকরণ: এই গ্যাসে সামান্য অ্যাসিডের বাষ্প, H_2, সামান্য হাইড্রোকারবন ও জলীয় বাষ্প মিশ্রিত থাকে। FeSএ কিছু মুক্ত Fe থাকে। অ্যাসিড ও Fe-এর ক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। H_2S গ্যাসকে অ্যাসিড মুক্ত করিতে NaHS-এর মধ্য দিয়া এবং আর্দ্রতা-মুক্ত করিতে **বিশুদ্ধ** P_2O_5-এর কিংবা **অনার্দ্র** Al_2O_3-এর মধ্য দিয়া অতিক্রম করাইয়া কঠিন CO_2 বরফ দ্বারা শীতল করিলে H_2S তরল হয় এবং H_2 চলিয়া যায়। H_2S দ্বারা H_2SO_4 বিজারিত হয়; $H_2S + H_2SO_4 = 2H_2O + SO_2+S$. সেইজন্য H_2SO_4 দ্বারা H_2Sকে শুষ্ককরা যায় না। H_2S গ্যাস $CaCl_2$-এর সহিত ক্রিয়া করে; $H_2S+CaCl_2=CaS+HCl$ সুতরাং ইহা $CaCl_2$ দ্বারাও শুষ্ক করা যায় না। তরল H_2Sকে উত্তপ্ত করিলেই H_2S গ্যাস পাওয়া যায়।

বিশুদ্ধ H_2S : (i) অ্যান্টিমনি সালফাইডকে ঘন HCl-এর সঙ্গে উত্তপ্ত করিলে H_2S উদ্ভূত হয়। গ্যাসকে HCl মুক্ত করিতে জলের মধ্য দিয়া লইয়া বিশুদ্ধ P_2O_5 দ্বারা শুষ্ক করিয়া পারদের উপর সংগ্রহ করা হয়।

$$Sb_2S_3+6HCl=2SbCl_3+3H_2S$$

২০৫। **ধর্ম : ভৌত :** (i) হাইড্রোজেন সালফাইড বর্ণহীন পচা ডিমের গন্ধযুক্ত, বায়ু অপেক্ষা ভারী ও বিষাক্ত গ্যাস। (ii) ইহা ঠাণ্ডা জলে দ্রাব্য। গরম জলে অদ্রাব্য। (iii) ইহাকে চাপে ও শৈত্যে তরল করা যায়।

রাসায়নিক : (i) **ইহা দাহ্য কিন্তু দাহক নহে।** ইহা নীল শিখার সহিত জ্বলে। ইহা অতিরিক্ত বায়ু বা অক্সিজেনে জ্বলিয়া H_2O ও SO_2 দেয়। ইহা অল্প বায়ু বা অক্সিজেনে জ্বলিয়া H_2O ও S দেয়। O_2 ও H_2Sকে 3 : 2 আয়তনে মিশাইয়া আগুনে ধরিলে বিস্ফোরণ হয় : $2H_2S+3O_2$ (অতিরিক্ত) $=2H_2O+2SO_2$; $2H_2S+O_2=$(অল্প)। $2H_2O+2S$; $2H_2S+2O_2$ (মাঝামাঝি) $=2H_2O+SO_2+S$. বায়ু ও H_2S মিশ্রণকে উত্তপ্ত FeOর উপর পাঠাইলে S পাওয়া যায়।

পরীক্ষা : H_2S গ্যাস-জারে জ্বলন্ত বাতি ঢোকাও, বাতি নিভিয়া যায়, গ্যাস নীল শিখার সহিত জ্বলে। জারের গায়ে গন্ধক জমে।

(ii) **H_2S একটি ক্ষীণ দ্বিক্ষারিক অ্যাসিড :** (ক) জলীয় দ্রব ক্ষীণ **আম্লিক** হয়। জলের উপর H_2S-পূর্ণ পরীক্ষা-নল ধর। জল নলে উঠিয়া যায়। দ্রবে নীল লিট্‌মাস কাগজ দিলে ঈষৎ লাল্‌চে হয়। H_2S-এর জলীয় দ্রব বায়ুর সংস্পর্শে থাকিলে অক্সিজেনের জারণ ক্রিয়ার ফলে S পৃথক হয় ; $2H_2S+O_2=2H_2O+2S$।

(খ) H_2Sকে দ্বিক্ষারিক হাইড্রোসাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড বলা হয় কারণ ইহাতে দুইটি প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু আছে। ইহা ক্ষারের সঙ্গে ও NH_4OH-এর সঙ্গে দুই প্রকার লবণ অ্যাসিড লবণ ও শমিত লবণ উৎপন্ন করে।

NaOH ও H_2S-এর ক্রিয়ায় সোডিয়াম বাই সালফাইড ও সোডিয়াম সালফাইড উৎপন্ন হয়।

$$H_2S+NaOH=NaHS+H_2O\ ;$$

$$2NaOH+H_2S=Na_2S+2H_2O.$$

(গ) ইহা অন্য ধাতুর যথা Ag, Pbর সহিত সাক্ষাৎভাবে যুক্ত হইয়া সাল্ফাইড লবণ গঠন করে। পরীক্ষাগারে রূপা বা নিকেলের ঘড়ি প্রায়ই কালো হইয়া যায়। কারণ H_2S ধীরে ধীরে ইহাদের সহিত ক্রিয়া করিয়া কালো সাল্ফাইডের আবরণ সৃষ্টি করে।

$$2Ag+H_2S+O=Ag_2S+H_2O.$$

(iii) **H_2S শক্তিশালী বিজারক:** (ক) H_2Sকে কমলালেবু বর্ণ $K_2Cr_2O_7$ বা পাটলবর্ণ (pink) $KMnO_4$-এর অ্যাসিডিক দ্রবের মধ্য দিয়া অতিক্রম করাও। S অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং প্রথম দ্রব সবুজ হয় ও দ্বিতীয় দ্রব বিবর্ণ হয়।

$K_2Cr_2O_7+4H_2SO_4+3H_2S=K_2SO_4+Cr_2(SO_4)_3+7H_2O+3S$; $2KMnO_4+3H_2SO_4+5H_2S=K_2SO_4+2MnSO_4+8H_2O+5S$

(খ) H_2S গ্যাসকে ক্লোরিন বা ব্রোমিন জলের মধ্য দিয়া কিংবা জলে প্রলম্বিত (suspended) আয়োডিনের মধ্য দিয়া অতিক্রম করাও। HCl, HBr, HI গঠিত হয় এবং S অধঃক্ষিপ্ত হয়: $H_2S+X_2=2HX+S$ (X=Cl, Br বা I)

(গ) H_2S ও SO_2 গ্যাস ক্রিয়া করিয়া H_2O ও S উৎপন্ন করে; $SO_2+2H_2S=2H_2O+3S$. সাধারণ উষ্ণতায় SO_2র জলীয় দ্রবে (H_2SO_3) H_2S অতিক্রম করাইলে S অধঃক্ষিপ্ত হয়; $H_2SO_3+2H_2S=3H_2O+3S$ শীতল অবস্থায় SO_2-এর ও H_2S-এর দ্রবণ মিশাইলে প্রধানতঃ পেন্টাথায়োনিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়: $10SO_2+5H_2S=3H_2S_5O_6+2H_2O$.

(ঘ) H_2S গ্যাসকে গাঢ় HNO_3 বা গাঢ় H_2SO_4 অ্যাসিডে অতিক্রম করাও। ইহারা বিজারিত হইয়া যথাক্রমে NO_2 ও SO_2 উৎপন্ন করে এবং S অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$2HNO_3+H_2S=2H_2O+2NO_2+S.$$

$$H_2SO_4+H_2S=2H_2O+SO_2+S.$$

(গ) H_2S গ্যাসকে আম্লিক ফেরিক লবণের দ্রবে পাঠাও। ইহারা ফেরাস লবণে বিজারিত হয়; $2FeCl_3+H_2S=2FeCl_2+2HCl+S$

(iv) H_2Sকে তড়িৎ স্ফুলিঙ্গ দ্বারা বিশ্লিষ্ট করা যায়।

(v) **H_2S একটি উত্তম বিকারক** (reagent): H_2Sকে অনেক ধাতব লবণের আম্লিক বা ক্ষারীয় দ্রবের মধ্য দিয়া অতিক্রম করাইলে **বিভিন্ন বর্ণের** সাল্‌ফাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়: (ক) কতকগুলি ধাতুর লবণের **আম্লিক** (HCl) দ্রব হইতে H_2S ধাতব সাল্‌ফাইডকে অধঃক্ষিপ্ত করে; যথা Cu, Pb, Hg, Bi-এর লবণ **কালো** সাল্‌ফাইড, Cd-এর লবণ **হলুদে** সাল্‌ফাইড, Sb-এর লবণ **কমলালেবুর** বর্ণের মত সাল্‌ফাইড এবং Sn-এর লবণ **বাদামি** সাল্‌ফাইড উৎপন্ন করে।

$CuSO_4 + H_2S = H_2SO_4 + CuS$; $2SbCl_3 + 3H_2S = Sb_2S_3 + 6HCl$; $CdCl_2 + H_2S = 2HCl + CdS$; $SnCl_2 + H_2S = 2HCl + SnS$.

(খ) কতকগুলি ধাতুর লবণের **ক্ষারীয়** দ্রব হইতে H_2S ধাতব সাল্‌ফাইডকে অধঃক্ষিপ্ত করে, যথা Zn লবণ **সাদা** এবং Fe, Ni ও Co লবণ **কাল** সাল্‌ফাইড দেয়; $ZnSO_4 + H_2S = ZnS + H_2SO_4$

(গ) কতকগুলি ধাতুর সাল্‌ফাইড জলে দ্রাব্য। ইহারা মোটেই অধঃক্ষিপ্ত হয় না; যথা Na, K, Ca প্রভৃতির সাল্‌ফাইড।

২০৬। **H_2S-এর বিকারক হিসাবে ব্যবহার:** রাসায়নিক বিশ্লেষণে H_2S তিনটি বিষয়ে ব্যবহৃত হয়: (i) **ধাতুর সনাক্তকরণে** (identification): অধঃক্ষিপ্ত সাল্‌ফাইডের বর্ণ দেখিয়া ধাতু সনাক্ত করা যায়। যদি দুই বা ততোধিক ধাতব সাল্‌ফাইডের একই বর্ণ হয় তবে উহাদিগকে অন্য বিকারক দ্বারা সনাক্ত করা যায়; যথা HgS ও CuS দুইই কালো কিন্তু HgS গাঢ় উষ্ণ HNO_3তে অদ্রাব্য, CuS দ্রাব্য।

(ii) **ধাতুর শ্রেণী বিভাগ:** জল, অ্যাসিড ও ক্ষারে বিভিন্ন সাল্‌ফাইডের দ্রাব্যতা অনুসারে ইহাদিগকে তিন শ্রেণীতে ভাগ করা যায়:—

(ক) পাতলা অ্যাসিডে, ক্ষারীয় বা অ্যামোনিয়ার দ্রবণে ও জলে অদ্রাব্য সালফাইড যথা Cu, Hg, Pb, Bi, Cd, Sn, As Sb [বিশ্লেষণী (analytical) গ্রুপ II ক ও খ]।

(খ) ক্ষারীয় বা NH_3র দ্রবে ও জলে অদ্রাব্য কিন্তু পাতলা অ্যাসিডে দ্রাব্য সালফাইড যথা Fe, Zn, Mn, Ni, Co (গ্রুপ III ক এবং খ)।

(গ) জলে দ্রাব্য সালফাইড যথা Ca, Ba, Mg K, Na প্রভৃতি (গ্রুপ IV ও V)

(iii) **মিশ্রণ হইতে ধাতব মুলকের পৃথকীকরণ**ঃ মনে কর একটি দ্রবে Hg, Zn ও Na ধাতুর লবণ আছে। দ্রবে পাতলা HCl দাও। দ্রবকে গরম কর এবং H_2S অতিক্রম করাও যতক্ষণ HgS-এর কালো অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। দ্রবকে ফিলটার কর। পরিস্রুতে অতিরিক্ত $NH_4(OH)$ দাও। H_2S অতিক্রম করাও। সাদা ZnS অধঃক্ষিপ্ত হয়। দ্রবকে ফিলটার করিলে পরিস্রুতে Na লবণ থাকে। সুতরাং Hg, Zn ও Na পৃথক হইল।

২০৭। **H_2S-এ S ও H_2 আছে**ঃ (i) H_2 ও S-এর বাষ্পকে লোহিত তপ্ত নলের মধ্য দিয়া অতিক্রম করাইলে H_2S উৎপন্ন হয়। (ii) H_2S এর মধ্যে তড়িৎ স্ফুলিঙ্গ পাঠাইলে H_2 ও S উৎপন্ন হয়। (iii) H_2S কে অল্প বায়ুতে পোড়াইলে H_2O ও S পাওয়া যায়।

H_2S ও সালফাইডের অভীক্ষণ পরে দেওয়া হইয়াছে।

সালফিউরিক অ্যাসিড (Sulphuric Acid)

সূত্র H_2SO_4 স্ফুটনাঙ্ক 388°C আঃ ওজন 98, ঘনাঙ্ক 1·8

২০৮। **ইতিহাস**ঃ সালফিউরিক অ্যাসিড এত অধিক সংখ্যক শিল্পে ব্যবহৃত হয় যে ইহাকে **রসায়নের রাজা** বলা হয়। সারা পৃথিবীতে প্রতি বৎসর প্রায় চল্লিশ কোটি মণ সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। কোন দেশে ব্যবহৃত সালফিউরিক অ্যাসিডের পরিমাণ সেই দেশের শিল্পজাত সম্পদের মাপকাঠি। অষ্টাদশ শতাব্দীতে অ্যালকেমিষ্টগণ প্রথমে হিরাকসকে (Green vitriol, Ferrous sulphate $FeSO_4$, $7H_2O$) ও ফট্‌কিরির [alum, K_2SO_4, $Al_2(SO_4)_3$ $24H_2O$] মিশ্রণকে পাতিত করিয়া পরে কেবল হিরাকসকে পাতিত করিয়া এবং ত্রয়োদশ শতাব্দীতে বায়ুশূন্য পাত্রে জলের উপর গন্ধক ও নাইটার পোড়াইয়া এই অ্যাসিড উৎপন্ন করিতেন। প্রথমোক্ত অ্যাসিডকে oil of vitriol বলা হইত। অষ্টাদশ শতাব্দী হইতে কাচ-পাত্রের পরিবর্তে সীসার প্রকোষ্ঠ (lead chamber), নাইটারের পরিবর্তে নাইট্রোজেন অক্সাইড এবং জলের পরিবর্তে জলীয় বাষ্প ও অতিরিক্ত বায়ু ব্যবহৃত হয়। উনবিংশ শতাব্দীতে গ্লোভার গ্যাসগুলিকে সুষ্ঠুভাবে মিশাইবার জন্য সীসার প্রকোষ্ঠের আগে একটি স্তম্ভ এবং গে-লুসাক দামী নাইট্রোজেন অক্সাইড পুনরুদ্ধারের জন্য সীসার প্রকোষ্ঠের পরে আর একটি

স্তম্ভ যোগ করেন। উনবিংশ শতাব্দীতে জার্মান বৈজ্ঞানিকগণ সংস্পর্শ পদ্ধতির (contact process) প্রবর্তন করেন।

অবস্থান : কয়লা পোড়ানোর ফলে SO_2 উৎপন্ন হইয়া বায়ুতে মিশে। বায়ুর উচ্চস্তরে বিদ্যুৎস্ফুরণের ফলে উৎপন্ন NO_2 বায়ুর উপস্থিতিতে SO_2কে জারিত করিয়া SO_3 করে। উহা বৃষ্টির জলের সহিত H_2SO_4 উৎপন্ন করে। উহা বৃষ্টির জলের সহিত ভূপৃষ্ঠে নামিয়া আসে।

বিভিন্ন সালফেট যথা জিপসাম ($CaSO_4, 7H_2O$), বেরাইটিস ($BaSO_4$), কিসেরাইট ($MgSO_4,H_2O$) প্রভৃতি খনিজ প্রকৃতিতে পাওয়া যায়।

২০৯। প্রঃ প্রণালী : (i) H_2O_2 ও SO_2 সাক্ষাৎভাবে যুক্ত হইয়া H_2SO_4 উৎপন্ন করে : $SO_2+H_2O_2=H_2SO_4$.

(ii) SO_2-এর জলীয় দ্রব O_2 শোষণ করিয়া H_2SO_4 উৎপন্ন করে :

$$2SO_2+2H_2O+O_2=2H_2SO_4$$

(iii) **পণ্যোপাদন : সাধারণ নীতি :** SO_3 ও H_2Oর ক্রিয়ায় H_2SO_4 উৎপন্ন হয় ; $SO_3+H_2O=H_2SO_4$.

কিন্তু SO_3র চেয়ে SO_2 উৎপন্ন করা সহজ। গন্ধককে বায়ুতে পোড়াইলে SO_2 উৎপন্ন হয়। এই SO_2কে অনুঘটকের উপস্থিতিতে বায়ুর অক্সিজেনের দ্বারা জারিত করিলে সহজেই SO_3 পাওয়া যায়। SO_3কে জলে শোষণ করিলে H_2SO_4 পাওয়া যায়। পণ্যোৎপাদনের দুই পদ্ধতিতে এই নীতি অবলম্বিত হয়, তবে **চেম্বার পদ্ধতিতে** NO বা N_2O অনুঘটকরূপে ও **সংস্পর্শ পদ্ধতিতে** ভ্যানেডিয়াম পেণ্টক্সাইড (V_2O_5) বা প্লাটিনামযুক্ত অ্যাস্‌বেস্টস অনুঘটকরূপে ব্যবহৃত হয়।

চেম্বার পদ্ধতি : (ক) **নীতি : প্রাচীন বাদ** (Theory) : নাইট্রোজেন পারক্সাইড (NO_2) একটি শক্তিশালী জারক। NO_2, SO_2, জল ও বায়ু একত্র মিশাইলে NO_2 অনুঘটকরূপে SO_2কে জারিত করিয়া SO_3 করে এবং নিজে বিজারিত হইয়া NO হয়। NO বায়ুর O_2 গ্রহণ করিয়া পুনরায় NO_2তে পরিণত হয়। এই NO_2 পর্যায়ক্রমে SO_2কে SO_3তে পরিণত করে। SO_3 জলের সঙ্গে মিশিয়া H_2SO_4 উৎপন্ন করে ; অতএব সামান্য NO বহু পরিমাণ SO_2কে জারিত করে। ইহা বায়ু হইতে অক্সিজেনকে SO_2 হইতে SO_3তে বহন করে। ইহা অক্সিজেনবাহক মাত্র।

$$NO_2+SO_2=SO_3+NO\ ;\ \ 2NO+O_2=2NO_2\ ;\ \ SO_3+H_2O=H_2SO_4.$$

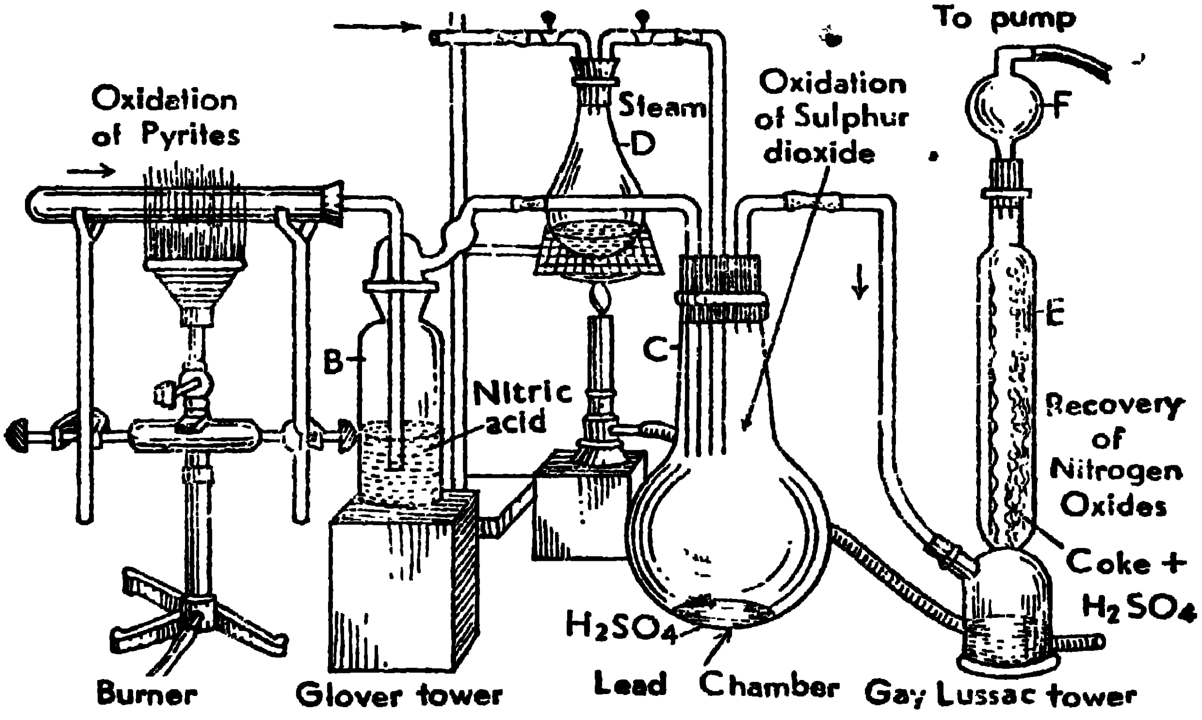
আধুনিক বাদ : NO_2, SO_2, H_2O ও বায়ু একত্র মিশাইলে প্রথমে নাইট্রোসাল্‌ফিউরিক (Nitrosulphuric) অ্যাসিড গঠিত হয়। তৎপরে উহা আরও জলের ক্রিয়ায় ভাঙিয়া H_2SO_4 ও N_2O_3 হয়। N_2O_3 ভাঙিয়া NO ও NO_2 হয়।

$$2SO_2+3NO_2+H_2O=NO+2OH.SO_2.O.NO,$$

$$2OH.SO_2.O.NO+H_2O=2OH.SO_2OH+N_2O_3.$$

আভ্যন্তরীণ প্রক্রিয়া যাহাই হউক সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হইলে অনুঘটককে সম্পূর্ণরূপেই পূর্বাবস্থায় পাওয়া যায়। অতএব প্রকোষ্ঠ পদ্ধতিতে SO_2, বায়ু (অক্সিজেন), জল ও NO_2 প্রয়োজন।

পরীক্ষাগার সংস্করণ : (ক) দুই লিটার বড় C ফ্লাস্কের মুখে তিনটি ছিদ্রযুক্ত রবারের ছিপি ভালভাবে আঁটিয়া দেওয়া হয়; মুখখোলা A পোর্সলেন নলে গন্ধক বা আয়রন পাইরাইটিস পোড়াইয়া SO_2 উৎপন্ন করা হয়।



৯৫নং চিত্র—পরীক্ষাগার প্রণালী

(খ) SO_2 ও বায়ুর মিশ্রণকে B দ্বিমুখ বোতলে রক্ষিত HNO_3 অ্যাসিডের মধ্য দিয়া লইয়া একটি বড় নল দিয়া বড় C ফ্লাস্কের প্রায় নীচে পর্যন্ত ঢোকানো হয়। এই প্রকারে SO_2 ও বায়ুর সহিত নাইট্রোজেন অক্সাইড মিশিয়া যায়।

(গ) D ফ্লাস্ক হইতে স্টীম আর একটি বড় নল দিয়া C ফ্লাস্কের নীচে ঢোকানো

হয়। (ঘ) স্টীমের সঙ্গে যে বায়ু ঢোকে তাহা স্টপকক দিয়া নিয়ন্ত্রিত করা হয়। (গ) SO_2 নাইট্রোজেন অক্সাইডের উপস্থিতিতে SO_3 হয়। SO_3 ও স্টীম (H_2O) ক্রিয়া করিয়া H_2SO_4 উৎপন্ন করে। উহা বড় C ফ্লাস্কে জমে। (ঘ) বায়ু ও নাইট্রোজেন অক্সাইড গাঢ় H_2SO_4 সিক্ত কোকপূর্ণ E স্তম্ভের মধ্য দিয়া এবং H_2SO_4 দ্বারা নাইট্রোজেন অক্সাইড শোষিত হয়। (ঙ) পাম্প দ্বারা সমস্ত যন্ত্রের মধ্য দিয়া বায়ু টানা হয়। পরীক্ষাগারের A, B, C, D, E, F যন্ত্রগুলি যথাক্রমে কারখানার বার্নার, গ্লোভার স্তম্ভ, লেড্ চেম্বার, গে-লুসাক স্তম্ভ ও চিমনির প্রতিনিধিত্ব করে। C ফ্লাস্কের তলায় যে H_2SO_4 জমে তাহার প্রমাণস্বরূপ বলা যায় যে উক্ত পদার্থের সহিত $BaCl_2$-এর দ্রবণ যোগ করিলে $BaSO_4$-এর সাদা অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। স্টপকক ঘুরাইয়া ফ্লাস্কে স্টীম প্রবেশ বন্ধ করিলে **চেম্বার-কেলাস** (Chamber crystal) $SO_2.OH.NO_2$ ফ্লাস্কের গায়ে জমা হয়। আবার স্টীম দিলে ইহা বিশ্লিষ্ট হয়। সীসার প্রকোষ্ঠে জলাভাব হইলে চেম্বার কেলাস জমা হয়।

চেম্বার পদ্ধতি : নীতি : পরীক্ষাগার প্রণালীর একই নীতি। এই নীতির কথা পূর্বে আলোচিত হইয়াছে।

রাসায়নিক উপকরণ : (i) সালফার বা পাইরাইটিস জাতীয় আকরিক, (ii) চিলির লবণ ($NaNO_3$) ও সালফিউরিক অ্যাসিড, (iii) জলীয় বাষ্প, (iv) বায়ু।

কার্যক্রম : এই পদ্ধতিতে চারিটি বিভিন্ন অংশ আছে :—

(i) পাইরাইটিস দীপে (Pyrites Burner) সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত প্রণালী।

(ii) নাইটার চুল্লীতে (Nitre oven) নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড প্রস্তুত প্রণালী।

(iii) সালফার ডাই-অক্সাইডের জারণ ও SO_3-এর উৎপাদন এবং SO_3 ও জলের সহিত ক্রিয়া ও H_2SO_4 উৎপাদন। (গ্লোভার স্তম্ভ ও সীসার চেম্বার)

(iv) অনুঘটক পুনরুদ্ধারের ব্যবস্থা (গে-লুসাক স্তম্ভ)। উপাদানগুলি সবই গ্যাস। ইহারা ভালভাবে মিশিয়া একটি সমসত্ত্ব মিশ্রণ সৃষ্টি করে। গ্যাসীয় বলিয়া ইহাদের আয়তন বেশী। সুতরাং ক্রিয়ার জন্য সীসার প্রকোষ্ঠগুলি খুব বড় হয়।

বড় প্রকোষ্ঠের মধ্য দিয়া যাইতে গ্যাসগুলির সময় লাগে।

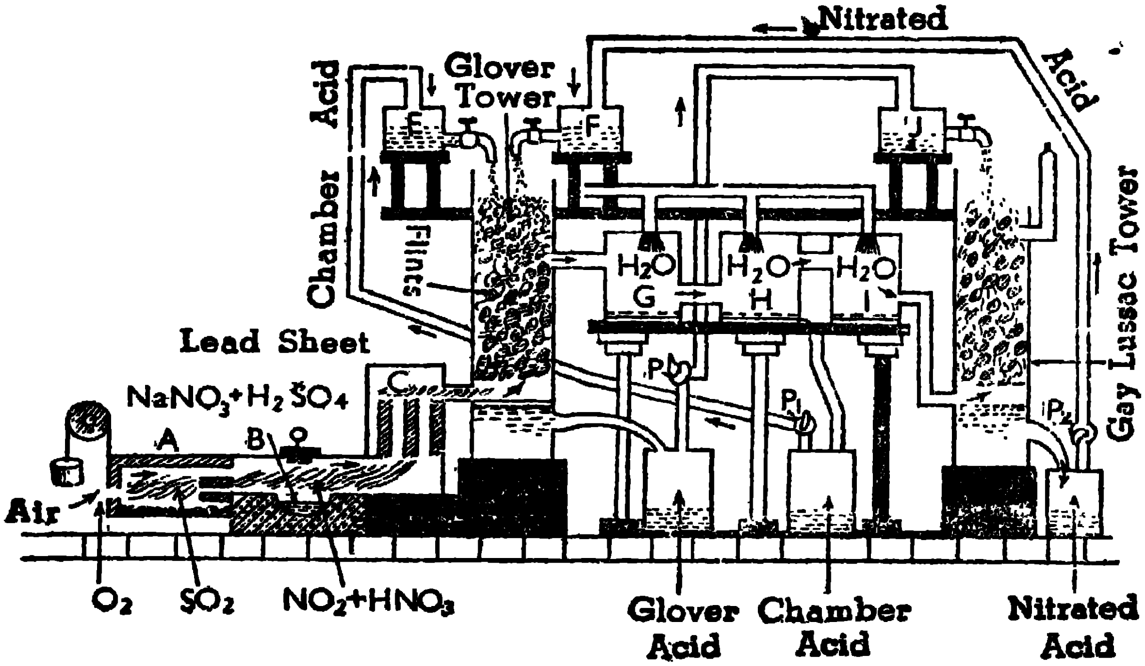
পাইরাইটিস দীপ : (i) A (Pyrites Burner) (৯৬ নং চিত্র) : **SO_2 ও বায়ু :** আয়রন পাইরাইটিস (FeS_2 50% S) বা গ্যাস কারখানার নিঃশেষিত অক্সাইড (spent oxide, 40% S), জিঙ্ক ব্লেণ্ডি (ZnS, 21% S) বা গন্ধককে অগ্নিসহ ইষ্টক দ্বারা প্রস্তুত চুল্লীতে লোহার ঝাঁঝরির উপর রাখিয়া জলন্ত একসারি দীপ A দ্বারা বায়ু প্রবাহে পোড়াইয়া SO_2 উৎপন্ন করা হয়। দীপের মধ্যে ফাঁক দিয়া অতিরিক্ত বায়ু ভিতরে টানিয়া লওয়া হয়।

$S+O_2 \rightarrow SO_2$. $4FeS_2+11O_2=2Fe_2O_3+8SO_2$;

$2ZnS+3O_2=2ZnO+2SO_2$

SO_2-এর সঙ্গে অতিরিক্ত বায়ু মিশিয়া থাকে।

(ii) **নাইটার চুল্লী** B (Nitre oven) : A দীপসংলগ্ন B প্রকোষ্ঠে কতকগুলি পাত্রে (nitre pot) গাঢ় H_2SO_4 ও চিলি সল্টপিটার ($NaNO_3$) রাখা হয়। দীপ হইতে উষ্ণ SO_2 ও বায়ু (8%SO_2, 10%O_2 ও বাকী N_2) নাইটার পাত্রের উপর দিয়া প্রবাহিত হইবার সময় ইহাকে উত্তপ্ত করে এবং $NaNO_3$ ও H_2SO_4-এর ক্রিয়ায় HNO_3 উৎপন্ন হয়। HNO_3 অধিক উষ্ণতায় বিশ্লিষ্ট হয় ; $4HNO_3=2H_2O+4NO_2+O_2$। আবার সালফার ডাই-অক্সাইড দ্বারা বিজারিত হইয়া HNO_3 হইতে কিছু



৯৬নং চিত্র—চেম্বার পদ্ধতি

নাইট্রোজেন পারক্সাইড উৎপন্ন হয়; $SO_2+2HNO_3=SO_3+H_2O+2NO_2$. আধুনিক কারখানায় NH_3কে অনুঘটকের সাহায্যে জারিত করিয়া নাইট্রোজেন অক্সাইড উৎপন্ন করা হয়।

(iii) **গ্লোভার** (Glover) **স্তম্ভ :** উষ্ণ SO_2, বায়ু, KNO_3 বাষ্প ও নাইট্রোজেনের অক্সাইড C খালি ছোট স্তম্ভ বা ধূলি-অপসারকের (dust catcher) মধ্য দিয়া প্রায় 400°Cতে গ্লোভার স্তম্ভের নীচে ঢোকে। ছোট স্তম্ভে গ্যাসগুলি আঁকা বাঁকা পথে যাওয়ায় ধূলিমুক্ত হয়। গ্লোভার স্তম্ভটি 40 ফিট উচ্চ এবং ইহার ব্যাস 8 ফিট। এই স্তম্ভের ভিতর দিকটা অ্যাসিডাভেদ্য (acid proof) উপাদান দিয়া ও বাহিরটা সীসার পাত দিয়া গঠিত থাকে। স্তম্ভের মধ্যে গ্যাসগুলির ঘনিষ্ঠ মিশ্রণের জন্য স্তম্ভের উপরের ও নীচের কিছু অংশ বাদ দিয়া বাকী অংশ কোয়ার্জ (quartz) বা ফ্লিন্ট (flint) পাথরের টুকরায় ভর্তি থাকে। স্তম্ভের উপরে স্থাপিত F আধারে (tank) গে-লুসাক (Gay Lussac) স্তম্ভ হইতে **নাইট্রেটেড** (nitrated) H_2SO_4 (OH, SO_2. O. NO.) P_2 পাম্প দ্বারা এবং অপর E আধারে সীসার চেম্বারে উৎপন্ন পাতলা H_2SO_4 (Chamber acid প্রায় 65%) P_1 পাম্প দ্বারা তোলা হয়। এই আধারদ্বয় হইতে দুইটি দুইধারায় দ্রবণ গ্লোভার স্তম্ভের ভিতরে নামিতে থাকে এবং নীচে হইতে উষ্ণ (400°C) গ্যাসের মিশ্রণ উঠিতে থাকে।

গ্লোভার স্তম্ভের দ্বারা নিম্নলিখিত **উদ্দেশ্য** সাধিত হয় :—

(ক) গ্যাসের তাপে চেম্বারের অ্যাসিড (68—70%) জল ত্যাগ করিয়া ঘনীভূত (82% ঘনাঙ্ক 1·72) হয়। এই ঘন অ্যাসিড এই স্তম্ভের নীচে একটি পাত্রে জমে। ইহাকে **গ্লোভার অ্যাসিড** (Glover acid) বলে। তথা হইতে ইহাকে গে-লুসাক স্তম্ভের উপর J আধারে P পাম্প দ্বারা তোলা হয় কিংবা বিক্রয় করা হয়। চেম্বার পদ্ধতিতে ইহা অপেক্ষা গাঢ়তর অ্যাসিড পাওয়া যায় না।

(খ) গ্যাসের তাপে নাইট্রেটেড সালফিউরিক অ্যাসিড চেম্বার অ্যাসিডের পরিত্যক্ত জলের সহিত ক্রিয়া করিয়া নাইট্রোজেন অক্সাইড উৎপাদন করে অর্থাৎ এই অ্যাসিডকে নাইট্রোজেন অক্সাইডশূন্য (denitration) করে।

$$2SO_2.\ OH.\ O.\ NO+H_2O=2H_2SO+N_2O_3\ ;$$

$$N_2O_3\rightarrow NO_2+NO.$$

(গ) উপরোক্ত (ক) ও (খ) প্রক্রিয়া সাধন করিতে বার্নার গ্যাসের মিশ্রণের উষ্ণতা সীসার চেম্বারে ঢুকিবার সময় প্রায় 50°C – 60°Cতে নামে।

(ঘ) NO_2-এর সাহায্যে এবং পাতলা H_2SO_4 দ্বারা পরিত্যক্ত, জলীয় বাষ্পের উপস্থিতিতে SO_2 জারিত হইয়া প্রায় 25% H_2SO_4 এই স্তম্ভেই গঠিত হয়।

(iv) **সীসার চেম্বার H, G, I :** গ্লোভার স্তম্ভ হইতে গ্যাসের মিশ্রণ (SO_2, বায়ু, NO, NO_2) সীসার নল দিয়া পর পর কতকগুলি চেম্বার বা প্রকোষ্ঠে ঢোকে। এই প্রকোষ্ঠগুলি সীসার পাত (Sheet lead) * দ্বারা নির্মিত ও কাঠের ফ্রেমে স্থাপিত। অক্সি-হাইড্রোজেন শিখার তাপে সীসা গলাইয়া পাতগুলি জোড়া লাগানো হয়। প্রকোষ্ঠের ছাদ হইতে জল ক্ষুদ্র ধারায় (water spray) বর্ষিত হয়।

প্রকোষ্ঠের দেওয়ালে উষ্ণতা দেখিবার জন্য থার্মমিটার থাকে। অনুকূল অবস্থা প্রকোষ্ঠে সৃষ্ট হওয়ায় নিম্নলিখিত প্রক্রিয়া অনুসারে H_2SO_4 উৎপন্ন হয় :

$$SO_2+2HNO_3=H_2SO_4+2NO_2 \qquad SO_2+NO_2+H_2O=H_2SO_4+NO\ ;\ 2NO+O_2=2NO_2.$$

পাতলা H_2SO_4 (65% ঘনাঙ্ক 1·55) প্রকোষ্ঠের মেঝেতে জমা হয়। ইহাকে **চেম্বার অ্যাসিড** বলে। মেঝে হইতে এই অ্যাসিড একটি নল দিয়া নীচের লেডের চৌবাচ্চায় যায়। তথা হইতে এই অ্যাসিডকে P_1 পাম্প দিয়া গ্লোভার-স্তম্ভের উপরে তোলা হয়। চেম্বারে জল সরবরাহ এমনভাবে নিয়ন্ত্রিত করা হয় যাহাতে (ক) অ্যাসিড অত্যধিক পাতলা না হয় কিংবা (খ) অ্যাসিডের তীব্রতা 70%-এর চেয়ে বেশী না হয় কিংবা (গ) জলের অভাবে চেম্বার-কেলাস গঠিত না হয়। অত্যধিক তীব্র অ্যাসিড সীসাকে ক্ষয় করে এবং নাইট্রোজেন অক্সাইড শোষণ করে। অবশ্য চেম্বারে বেশী জল ঢুকাইলে চেম্বার-কেলাস বিশ্লিষ্ট হয়।

---

* এইরূপে দ্বিতীয় ধাতুর (ঝাল) সাহায্য ব্যতীত একই ধাতুর দুই পাতের ধার গলাইয়া জোড়া লাগানোকে স্বয়ংক্রিয় জোড় (autogenous soldering) বলে। ঝালে অন্য ধাতু থাকিলে সীসা ও সেই ধাতু অ্যাসিডের সংস্পর্শে স্থানীয় (local) তড়িৎ-প্রবাহ সৃষ্টি করিয়া সীসাকে ক্ষয় করে।

(v) **গে লুসাক স্তম্ভ ঃ** এই স্তম্ভের ভিতরটা সীসায় মোড়া। ইহা কোক কয়লায় পূর্ণ থাকে। শেষ সীসার প্রকোষ্ঠ হইতে নাইট্রোজেন অক্সাইডের বাষ্প ও নাইট্রোজেন গ্যাস বাহির হইয়া গে লুসাক স্তম্ভের নীচে ঢুকিয়া উপর দিকে চলিতে থাকে। উপরের J আধার হইতে গাঢ় (80%) H_2SO_4 অ্যাসিড (গ্লোভার-স্তম্ভের নীচের পাত্র হইতে P পাম্প দ্বারা বাহিত) নামিতে থাকে। এই অ্যাসিড নাইট্রোজেন অক্সাইডের বাষ্প শোষণ করে। এই নাইট্রেটেড H_2SO_4 পাম্প করিয়া F আধারে তোলা হয়।

$$NO+NO_2+2H_2SO_4=2NO_2SO_3H+H_2O$$

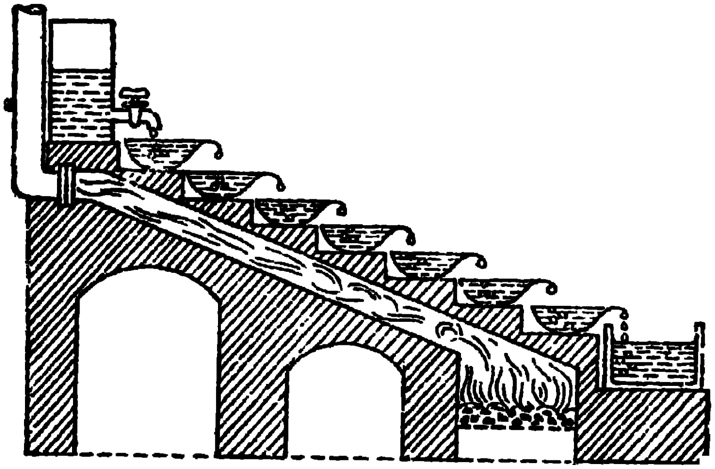
গে লুসাক স্তম্ভ নাইট্রোজেন অক্সাইডগুলিকে আটকায়।

(vi) নিঃশেষিত গ্যাস (অতিরিক্ত O_2 ও N_2) চিমনি দিয়া বাহিরে চলিয়া যায়। এই চিমনি সমস্ত যন্ত্রগুলির মধ্য দিয়া গ্যাস মিশ্রণ টানিয়া লয়।

(vii) গ্যাসগুলির **সুষ্ঠু মিশ্রণের উপর প্রক্রিয়ার সাফল্য নির্ভর করে।** সেইজন্য প্রথম প্রকোষ্ঠে গ্যাস উপর দিকের নল দ্বারা ঢোকে এবং নীচের দিকে নল দ্বারা দ্বিতীয় প্রকোষ্ঠে ঢোকে। এইরূপে গ্যাসগুলি ভাল ভাবে মিশ্রিত হয়। আজকাল দুইটি প্রকোষ্ঠের মধ্যে স্তম্ভ বসানো থাকে। এই স্তম্ভের মধ্যে ইস্টক এমনভাবে সাজানো থাকে যে গ্যাসগুলি আঁকাবাকা পথে চলিয়া ভালভাবে মিশ্রিত হয়। অনেক কারখানায় প্রকোষ্ঠের পরিবর্তে স্তম্ভই ব্যবহার করা হয়।

(viii) **চেম্বার H_2SO_4-এর ঘনীকরণ** (**Concentration of Chamber Acid**) **:** (ক) 65% চেম্বার অ্যাসিডকে গ্লোভার স্তম্ভে কিংবা সীসার কড়াইতে বাষ্পীভবনের দ্বারা 78% তীব্রতায় আনা হয়। এই অ্যাসিডকে Brown oil of vitriol (B. O. V.) বলে। এই অ্যাসিড সুপার ফসফেট, $(NH_4)_2SO_4$ প্রভৃতি প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়। অন্যান্য কার্যে গাঢ়তর অ্যাসিড প্রয়োজন হয়। (খ) এই অ্যাসিডকে সিলিকা বা ডুর-আয়রন (dur-iron) বা টান্ট-আয়রন (tant-iron) নামক ফেরোসিলিকন সংকর নির্মিত ঠোঁট যুক্ত বড় খর্পরে উষ্ণ গ্যাসের সাহায্যে ঘনীভূত করা হয়। খর্পরগুলি বদ্ধ জায়গায় অ্যাসিডাভেদ্য উপাদানে নির্মিত সিঁড়ির ধাপে ধাপে রাখা হয় যাহাতে উপরের খর্পরের ঠোঁট (lip or spont) দিয়া ফোঁটা ফোঁটা অ্যাসিড নীচের খর্পরে অনায়াসে পড়ে। সর্বোপরি খর্পরে চেম্বার অ্যাসিড

ধীরে ধীরে ফেলা হয়। খর্পরগুলিকে কোক পোড়ানো গ্যাস দ্বারা উত্তপ্ত করা হয় এবং খর্পরের উপর দিয়া উষ্ণ গ্যাস প্রবাহিত হয়। ফলে উষ্ণ গ্যাসে পতনোন্মুখ অ্যাসিডের অসংখ্য ফোঁটা ও খর্পরের উপরের অ্যাসিডের স্তর হইতে জল শীঘ্র শীঘ্র বাষ্পীভূত হয় এবং অ্যাসিড ঘনীভূত হয়। শেষ খর্পরের অ্যাসিড 95% তীব্র হয়। এই জলীয় বাষ্পে H_2SO_4-এর অতি সূক্ষ্ম সূক্ষ্ম কণা মিশিয়া থাকে। সেইজন্য এইরূপে উদ্ভূত জলীয় বাষ্পকে উচ্চ ভোল্টে তড়িতাহিত (electrically charged) সীসা দিয়া আবৃত ধাতব পাতের উপর দিয়া চালনা করিলে অ্যাসিডের সূক্ষ্ম কণা পাতের উপর জমে এবং একত্রিত হইয়া বড় কণায় পরিণত হয়।



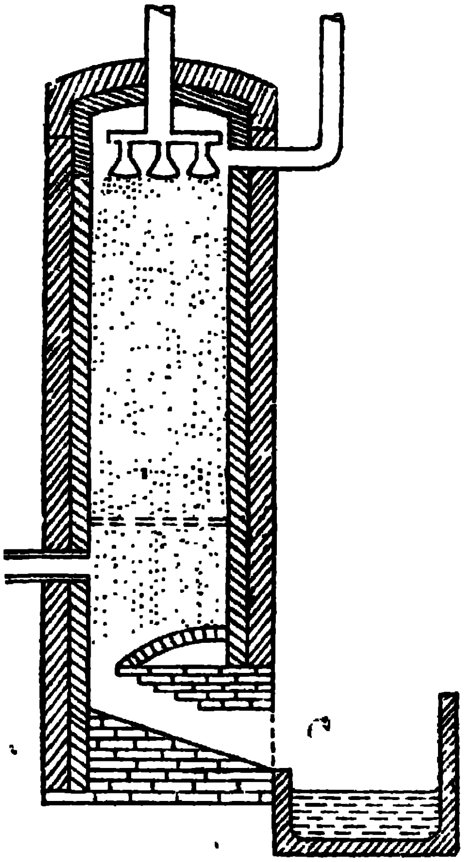
৯৭নং চিত্র—ক্যাসকেড প্রণালী

(গ) 95% অ্যাসিডের সহিত 98% ফুটন্ত H_2SO_4 যোগ করিয়া ঢালাই লোহপাত্রে বাষ্পীভবন করিলে 98% তীব্র হয়। এই অ্যাসিডের সঙ্গে ওলিয়াম (Oleum বা fuming H_2SO_4; ইহাতে SO_3 মিশ্রিত থাকে) মিশাইলে 100% তীব্র H_2SO_4 পাওয়া যায়।

এই প্রণালীকে প্রপাত প্রণালী বা কাস্‌কেড (Cascade) প্রণালী বলে।

কোন কোন কারখানায় একটি খুব উচ্চ স্তম্ভের উপর হইতে পাতলা অ্যাসিড ঝরনার আকারে পড়িতে দেওয়া হয়, স্তম্ভের নীচে হইতে উত্তপ্ত গ্যাস চালনা করা হয়। উত্তাপে অ্যাসিডের সূক্ষ্ম কণা হইতে জল বাষ্প হইয়া চলিয়া যায়। অ্যাসিড ঘন হয়; এই স্তম্ভগুলিকে **গেইলার্ড স্তম্ভ** (Gaillard tower) বলে।

(viii) **H_2SO_4-এর বিশুদ্ধীকরণ:** বাজারে 78% H_2SO_4 এর (B. O. V.) রং বাদামি হয় এবং ইহাতে আরসেনিয়াস অক্সাইড (As_2O_3 ও আয়রন পাইরাইটিস হইতে উদ্ভূত), লেড সালফেট $PbSO_4$ (চেম্বারের সীসা হইতে উদ্ভূত), নাইট্রোজেনের অক্সাইড, SO_2, H_2O ও জৈব পদার্থ অশুদ্ধিরূপে থাকে। জৈব পদার্থের কারবনের জন্য অ্যাসিডের বর্ণ বাদামি হয়। (ক) অ্যাসিডকে জল দিয়া পাতলা (60%) করিলে $PbSO_4$ আংশিক অধঃক্ষিপ্ত হয়। (খ) তৎপরে দ্রবের মধ্য দিয়া H_2S গ্যাস অতিক্রম করাইলে আরসেনিক ও বাকী লেড অদ্রাব্য As_2S_3 ও PbS রূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়। দ্রবকে কম চাপে অমসৃণ (unglazed) পোর্সিলিনের ভিতর দিয়া ছাঁকিয়া অধঃক্ষেপকে পৃথক করিয়া পরিস্রুতে অল্প $(NH_4)_2SO_4$ দিয়া 338°Cতে কাচের বা সিলিকার পাত্রে পাতিত করিলে নাইট্রোজেনের অক্সাইড মুক্ত হইয়া শেষ অংশে 98% H_2SO_4 পাওয়া যায়। $(NH_4)_2SO_4+NO+NO_2=2N_2+H_2SO_4+3H_2O$. ইহাতে Oleum মিশাইয়া বিশুদ্ধ করা হয়। ইহাকে 10°Cতে ঠাণ্ডা করিলে 100% বিশুদ্ধ অ্যাসিডের কেলাস পাওয়া যায়।



৯৮নং চিত্র—গেইলার্ড স্তম্ভ

(খ) সংস্পর্শ পদ্ধতি—

(A) **নীতি:** (i) সাধারণভাবে সালফার ডাই-অক্সাইডের সঙ্গে অক্সিজেনের কোন ক্রিয়া হয় না, কিন্তু বিশুদ্ধ ও শুষ্ক SO_2 এবং বায়ু বা O_2র মিশ্রণকে 450°Cতে প্লাটিনামঘটিত অ্যাসবেসটস বা ভ্যানেডিয়াম পেণ্টক্সাইড অনুঘটকের উপর দিয়া অতিক্রম করাইয়া SO_3 উৎপন্ন করা হয়। (ii) SO_3কে 98% H_2SO_4 অ্যাসিডে শোষণ করিয়া ওলিয়াম ($H_2S_2O_7$) উৎপন্ন করা হয় এবং পরে ইহাতে প্রয়োজনানুরূপ জল যোগ করিয়া 98% H_2SO_4 উৎপন্ন করা হয়।

$$2SO_2+O_2=2SO_3\ ;$$
$$H_2SO_4+SO_3=H_2S_2O_7.$$
$$H_2S_2O_7+H_2O=2H_2SO_4.$$

(B) শর্ত : (ক) বার্নার গ্যাসগুলিতে (SO_2, N_2এবংO_2-এর মিশ্রণ) ধুলি, অ্যার্সেনিয়াস অক্সাইড (As_2O_3), গন্ধকের সূক্ষ্ম গুঁড়া, H_2SO_4-এর সূক্ষ্মকণা (কুয়াশার আকারে) প্রভৃতি অশুদ্ধি থাকে। এই অশুদ্ধিগুলি বিশেষতঃ আরসেনিক অশুদ্ধি অনুঘটককে বিষাক্ত করে এবং ইহার কর্মশক্তি একেবারে নাশ করে। সুতরাং গ্যাসগুলিকে এই অশুদ্ধি হইতে মুক্ত করা বিশেষ দরকার।

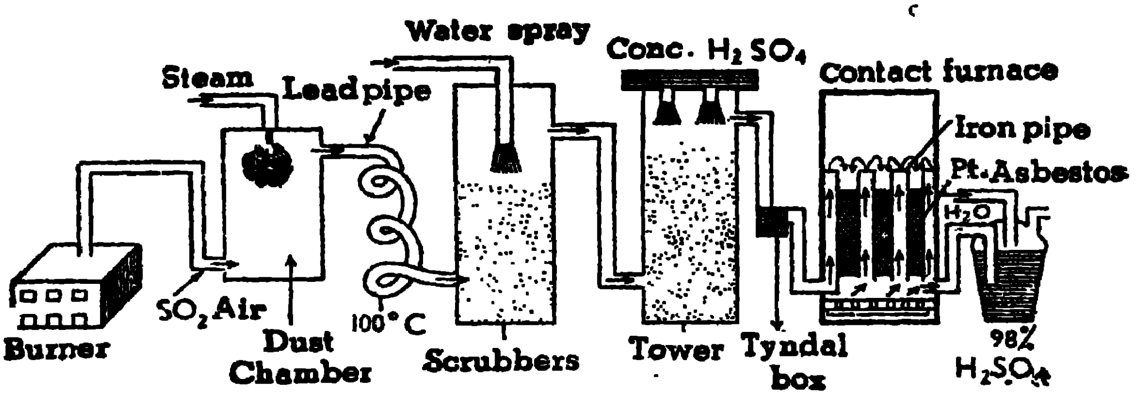
(খ) SO_2 ও O_2র ক্রিয়া দ্বিমুখীন (reversible) ও তাপোৎপাদক (exothermic); $2SO_2+O_2 \rightleftharpoons 2SO_3+45,000$ ক্যাঃ। সুতরাং উত্তাপ বৃদ্ধির সঙ্গে-সঙ্গে বিপরীতমুখী $SO_3 \rightarrow SO_2$ ক্রিয়ার গতি ত্বরান্বিত হয় অর্থাৎ SO_3 বিশ্লিষ্ট হয়। আবার উত্তাপ-হ্রাসের সঙ্গে সঙ্গে $SO_2 \rightarrow SO_3$ ক্রিয়ার গতি কমিয়া যায়। সুতরাং ক্রিয়ায় অধিক সময় লাগে। কিন্তু কোন পদার্থের পণ্যোৎপাদনে কম সময়ে অধিক পণ্যোৎপাদনে খরচ কম পড়ে। উষ্ণতায় এই পরস্পরবিরোধী ফলের সামঞ্জস্য রক্ষা হয় 400—450°Cতে। এই উষ্ণতাকে **সর্বোত্তম** (Optimum) **উষ্ণতা** বলে। $SO_2 \rightarrow SO_3$ এই ক্রিয়া তাপোৎপাদক বলিয়া যাহাতে দ্রব্যগুলির উষ্ণতা 450°-এর উপর না উঠিতে পারে সেই উদ্দেশ্যে প্লাটিনামঘটিত অ্যাস্বেসটসকে শীতল গ্যাস-মিশ্রণের সাহায্যে ঠাণ্ডা করা হয়।

(গ) অতিরিক্ত অক্সিজেন গ্যাস $2SO_2+O_2 \rightarrow 2SO_3$ ক্রিয়াকে ত্বরান্বিত করে। বার্ণারে অতিরিক্ত বায়ুতে SO_2 উৎপন্ন করিবার পর যে গ্যাস-মিশ্রণ পাওয়া যায় তাহাতে 7% SO_2 থাকে। ইহাকে SO_3তে পরিণত করিতে গ্যাস-মিশ্রণে শতকরা 4 ভাগ অক্সিজেন থাকিলেই যথেষ্ট।

অতি সামান্য SO_3ই জলে বা পাতলা H_2SO_4 এ শোষিত হয়। কারণ জলের মধ্য দিয়া SO_3 অতিক্রম করাইলে তাপ উদ্ভূত হয় এবং SO_3 কুয়াশার আকারে বাহির হইয়া যায়। সুতরাং 98% তীব্র H_2SO_4 অ্যাসিডে SO_3 শোষণ করা হয়।

(C) পদ্ধতি : (i) **বার্নার**—পাইরাইটিসকে অথবা গন্ধককে চুল্লীতে (burner) অতিরিক্ত বায়ু-প্রবাহে পোড়ানো হয় এবং SO_2 ও O_2-এর মিশ্রণ উৎপন্ন হয়; $4FeS_2+11O_2=2Fe_2O_3+8SO_2$.

(ii) **শোধক** (Purifier) :—(ক) SO_2 (7%), O_2 (10·4%) ও N_2 (82·7%) গ্যাস মিশ্রণকে প্রথমে **ধুলি-প্রকোষ্ঠের** (dust chamber) মধ্য দিয়া লওয়া হয়। এই প্রকোষ্ঠে স্টীম ঢোকানো হয়। স্টীম কঠিন ভাসমান অশুদ্ধির উপর (যথা ধুলি) জমিলে ইহারা ভারি হইয়া নীচে পড়ে। (খ) এই গ্যাস-মিশ্রণকে তৎপরে **সীসার নলের** (lead pipe) মধ্য দিয়া লইলে ইহাদের উষ্ণতা 100°C-এ নামিয়া আসে। (গ) গ্যাস-মিশ্রণকে পাথরের টুকরা ভর্তি একটি স্তম্ভের (scrubber) নিম্ন দেশে প্রবেশ করানো হয় এবং স্তম্ভের উপর হইতে নিম্নগামী জলস্রোত (water spray) প্রবাহিত করা হয়। ইহাতে দ্রাব্য অশুদ্ধি জলে দ্রবীভূত হইয়া চলিয়া যায়। (ঘ) ইহার ফলে গ্যাস মিশ্রণ আর্দ্র হয়। মিশ্রণকে অ্যাসিডাভেদ্য (acid proof) পাথর দ্বারা ভর্তি আর একটি স্তম্ভের (tower) নিম্নদেশে প্রবেশ করানো হয় এবং উপর হইতে প্রবাহিত নিম্নগামী গাঢ় H_2SO_4 স্রোত দ্বারা গ্যাস হইতে মিশ্রণকে শুষ্ক করা হয়; গ্যাস-মিশ্রণ বিশুদ্ধ হইলে স্বচ্ছ ও কুয়াশা-মুক্ত হয়। গ্যাস-মিশ্রণকে একটি বাক্সে লইয়া তীব্র আলোকরশ্মি ফেলিয়া ইহার স্বচ্ছতা পরীক্ষ করা হয়; এই বাক্সকে Tyndal box বলে।

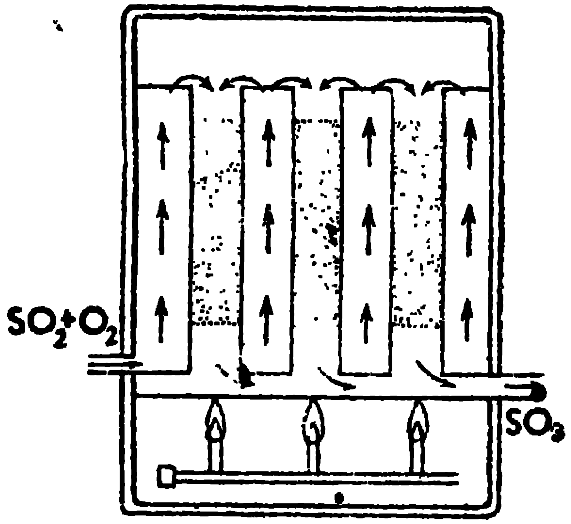


৯৯নং—চিত্র সংস্পর্শ পদ্ধতি

(iii) **সংস্পর্শ চুল্লী** (Contact Furnace বা Converter) : এইরূপে বিশুদ্ধ গ্যাস-মিশ্রণকে সংস্পর্শ চুল্লীতে পোড়ানো হয়। এই চুল্লী একটি লোহার গোল পাত্র। ইহার ভিতর কয়েকটি লোহার দীর্ঘ নলে সছিদ্র তাকের উপর প্লাটিনামঘটিত অ্যাসবেস্টস রাখা হয়। অ্যাসবেস্টসকে প্লাটিনাম ক্লোরাইড ($PtCl_4$) দ্রবণে ডুবাইয়া তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে $PtCl_4$ বিশ্লিষ্ট হয় এবং অ্যাসবেস্টসের উপর সূক্ষ্ম প্লাটিনাম জমে। ইহাকে **প্লাটিনামঘটিত**

অ্যাস্‌বেসটস বলে। নলগুলি এমন ভাবে সজ্জিত থাকে যে প্রথমে গ্যাস-মিশ্রণ লোহার পাত্রের নীচে প্রবেশ করে এবং নলগুলির চারিপাশ দিয়া পাত্রের উপর পর্যন্ত উঠিয়া নলের ভিতর ঢোকে এবং অ্যাস্‌বেসটসের মধ্য দিয়া নীচে নামিতে থাকে। নলের নিম্ন মুখ গ্যাস-মিশ্রণের প্রবেশ-পথ হইতে পৃথক করা থাকে। ইহাতে SO_2 জারিত হইয়া SO_3 হয়। এই নিম্ন মুখ দিয়া SO_3 বাহির হয়।

প্রথমে ক্রিয়া আরম্ভ করিবার জন্য চুল্লীর নীচের দীপ জ্বালিয়া চুল্লীকে 400-450°C উষ্ণতায় গরম করা হয়। $SO_2 \rightarrow SO_3$ ক্রিয়ায় প্রভূত তাপ উৎপন্ন হয়। সুতরাং চুল্লীর ক্রিয়ায় উৎপন্ন তাপের সঙ্গে এই তাপ ক্রমশঃ বাড়িতে থাকে কিন্তু নলের বাহিরে ঊর্ধ্বগামী শীতল গ্যাস-মিশ্রণ ও নলের ভিতরে নিম্নগামী উষ্ণ গ্যাস-মিশ্রণের মধ্যে তাপ চলাচল হয়। ফলে বাহিরের শীতল গ্যাস নলে ঢুকিবার পূর্বেই উষ্ণ হয় এবং ভিতরের গ্যাস একটু শীতল হয়। গ্যাসের প্রবাহ এমনভাবে নিয়ন্ত্রিত হয় যে, চুল্লীর উষ্ণতা প্রায় 450°Cতে বজায় থাকে এবং পরে বাহির হইতে তাপ দেওয়ার দরকার হয় না। তখন দীপ নিবাইয়া দেওয়া হয়।



১০০নং চিত্র—সংস্পর্শ পদ্ধতি (বড় আকারে)

(iv) **শোষকপাত্র** (Absarber): উৎপন্ন SO_3কে শীতল করিয়া 98% H_2SO_4 পূর্ণ লোহার পাত্রে অতিক্রম করানো হয়। অ্যাসিডে যে 2% জল থাকে তাহা SO_3-এর সহিত ক্রিয়া করিয়া H_2SO_4 উৎপন্ন করে। পাত্রে অ্যাসিড বা জলপ্রবাহ এমনভাবে নিয়ন্ত্রিত করা হয় যে, অ্যাসিডের তীব্রতা সব সময়েই 98%তে বজায় থাকে। 98% H_2SO_4 অ্যাসিডে অতিরিক্ত SO_3 অতিক্রম করাইলে ধূমায়মান (fuming) H_2SO_4 বা ওলিয়াম ($H_2S_2O_7$) বা নর্ডহাউসেন সালফিউরিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$$H_2SO_4 + SO_3 = H_2S_2O_7 \text{ , } H_2S_2O_7 + H_2O = 2H_2SO_4.$$

২১০। চেম্বার পদ্ধতির প্রবাহ-তালিকা

(১)

বায়ু→পাইরাইটিজ বা $S = SO_2 + O_2 + N_2$ →
(FeS_2)

(২)

নাইটার পাত্র $NO_2 + SO_2 + O_2$ →
($H_2SO_4 + NaNO_3$)

(৩)

গ্লোভার স্তম্ভ

↓ (১) চেম্বার অ্যাসিড 65%

↓ (২) নাইট্রেটেড H_2SO_4

↓ $SO_2 + O_2 + N_2 + N$ অক্সাইড

ফল : (i) অ্যাসিডের তীব্রতা 82% হয়, (ii) গ্যাসের উষ্ণতা-হ্রাস,
(iii) কিছু H_2SO_4 গঠিত হয়, (iv) N-অক্সাইড SO_2, O_2, N_2 ।

(৪)

→ চেম্বার শ্রেণী →

↓ জলধারা

→ N-অক্সাইড, $SO_2 N_2$, O_2

ফল : (i) 65-70% H_2SO_4

(ii) N_2-অক্সাইড, N_2, O_2

(৫)

গে লুসাক স্তম্ভ

↓ 98% সালফিউরিক অ্যাসিড

↑ N-অক্সাইড, O_2, N_2

ফল : (১) নাইট্রেটেড H_2SO_4

(২) O_2, N_2 ইত্যাদি

২১১ সংস্পর্শ পদ্ধতির প্রবাহ তালিকা

বায়ু→পাইরাইটিজ→SO_2 ও O_2→ধূলি-অপসারক ও সীসার নল (100°C)—জল দ্বারা ধৌত→H_2SO_4 দ্বারা শুষ্কীকৃত→Pt অ্যাসবেসটস অনুঘটক (450°C)→SO_3→98% H_2SO_4 দ্বারা শোষণ→H_2SO_4

২১২। **ভারতে H_2SO_4 উৎপাদন:** ভারতে প্রচুর H_2SO_4 উৎপন্ন হয়। কলিকাতা, মাদ্রাজ, বোম্বাই, বরোদা, ডিগবয়ে ও টাটায় কারখানা আছে। টাটা ও বেঙ্গল কেমিক্যাল V_2O_5 অনুঘটক ব্যবহার করিয়া সংস্পর্শ পদ্ধতিতে H_2SO_4 উৎপাদন করে। বেঙ্গল কেমিক্যালে একটি আধারে সালফার তাপে গলাইয়া তরল সালফারকে সূক্ষ্ম নলের (capillay tube) মধ্য দিয়া বার্ণারে লওয়া হয়। এই ভাবে সালফার কতক অশুদ্ধি হইতে পৃথক হয়। বার্ণারে অতিরিক্ত বায়ুতে সালফার পোড়াইয়া বিশুদ্ধ SO_2 উৎপন্ন করা হয়, তৎপরে SO_2, N_2 O_2-এর মিশ্রণকে একটি প্রকোষ্ঠে তাকে রক্ষিত V_2O_5-এর উপর দিয়া 500°C উষ্ণতায় চালনা করিলে SO_3 উৎপন্ন করা হয়। SO_3কে বাহিরের ঠাণ্ডা জলস্রোত দ্বারা শীতলীকৃত সীসার নলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিয়া 98% H_2SO_4তে শোষণ করা হয়। বেঙ্গল কেমিক্যালে চেম্বার পদ্ধতিতেও H_2SO_4 উৎপন্ন হয়।

২১৩। **চেম্বার ও সংস্পর্শ পদ্ধতির তুলনা।** (১) চেম্বার পদ্ধতিতে প্রায় 65-75% H_2SO_4 উৎপন্ন হয়। এই অ্যাসিডে কয়েকটি অশুদ্ধি বিশেষতঃ আর্সেনিক থাকে। এই পদ্ধতিতে খরচ কম। এই পাতলা অ্যাসিড সল্টকেক্, সুপার ফস্ফেট, অ্যামোনিয়াম সালফেট ও ফটকিরি প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়। সব SO_2 কাজে লাগে না। ( ) সংস্পর্শ পদ্ধতিতে প্রায় 100% H_2SO_4 উৎপন্ন হয়। এই অ্যাসিড বিশুদ্ধ হয়। প্লাটিনামের দাম অধিক বলিয়া এই পদ্ধতিতে ব্যয় বেশী পড়ে। এই অ্যাসিড খাদ্যদ্রব্য উৎপাদনে ও পেট্রোলিয়াম শোধনে ব্যবহৃত হইতেছে। ইহাতে সব SO_2 কাজে লাগে। শিল্পে পাতলা H_2SO_4-এর চাহিদা ঘন H_2SO_4-এর চাহিদা অপেক্ষা বেশী। চেম্বার পদ্ধতিতে পাতলা অ্যাসিডের উৎপাদনের খরচ সংস্পর্শ পদ্ধতিতে ঘন অ্যাসিড উৎপাদন করিয়া তাহাতে জল মিশাইয়া পাতলা অ্যাসিড উৎপাদনের খরচ অপেক্ষা অনেক কম পড়ে সেইজন্য চেম্বার পদ্ধতির প্রচলন ম নাই।

২১৩ (ক)। **ধর্ম: ভৌত ধর্ম:** (i) বিশুদ্ধ H_2SO_4 বর্ণহীন, গন্ধহীন তৈল-সদৃশ তরল। (ii) ইহার ঘনাঙ্ক 1·8.

পরীক্ষা: কাচছিপিযুক্ত দুইটি শিশিকে তুলাযন্ত্রে সমতোল (connter-poise) কর। একটিতে 30 ঘ: সে: মি: পরিস্রুত জল এবং অপরটিতে

30 ঘ: সেঃ মিঃ গাঢ় H_2SO_4 রাখিয়া তুলাযন্ত্রে সমতৌল করিলে H_2SO_4 প্রায় দ্বিগুণ ভারী হইবে।

(iii) ইহার হিমাঙ্ক 10·4° অর্থাৎ 10·4° উষ্ণতায় ইহা কেলাসিত হয়। স্ফুটনাঙ্ক (98·33% H_2SO_4) 338°C ; ইহা নিত্য স্ফুটনাঙ্ক (constant boiling) মিশ্রণ। (iv) বিশুদ্ধ অ্যাসিড তড়িৎ কুপরিবাহী কিন্তু জলীয় দ্রব তড়িৎ সুপরিবাহী।

রাসায়নিক ধর্ম : (i) **জলে দ্রাব্যতা :** ইহা জলের সহিত যে কোন অনুপাতে মিশিতে পারে। মিশিবার সময় প্রভূত তাপ উদ্ভূত হয়, আয়তন কমে। তাপ উৎপাদনের কারণ ইহা জলের সহিত H_2SO_4, H_2O ; $H_2SO_4, 2H_2O$; $H_2SO_4, 4H_2O$ হাইড্রেট গঠন করে। যদি গাঢ় H_2SO_4 অ্যাসিডে একটু জল দাও তবে উদ্ভূত তাপ জলকে স্টীমে পরিণত করে এবং আকস্মিক প্রসারণে অ্যাসিড চারিদিকে ছিটকাইয়া পড়ে। সেইজন্য গাঢ় অ্যাসিডকে পাতলা করিবার সময় জলে অল্প অল্প অ্যাসিড দিয়া নাড়িতে হয়।

পরীক্ষা : একটি বীকারে জল লও। ইহার ভিতর একটি পরীক্ষা-নল রাখিয়া তাহাতে কোহল লও। বীকারের জলে ক্রমশঃ গাঢ় H_2SO_4 দাও। তাপে কোহল ফুটিতে থাকে।

(ii) **জলের প্রতি H_2SO_4-এর গভীর আসক্তি আছে :** ইহা অত্যন্ত জল শোষণ করে, সেইজন্য ইহা গ্যাস, যথা (O_2, N_2, SO_2, Cl_2) ও অন্যান্য দ্রব্য শুষ্ক করিতে ব্যবহৃত হয়। একটি বীকারে খানিকটা গাঢ় H_2SO_4 লইয়া ওজন করিয়া বায়ুতে কয়েক দিন ফেলিয়া রাখ। ইহাকে আবার ওজন কর। H_2SO_4 জল শোষণ করায় ইহার ওজন বাড়িয়াছে। ইহা অনেক পদার্থ (যথা চিনি, শ্বেতসার, কাগজ, কাঠ, কোহল, ফরমিক বা অক্জ্যালিক অ্যাসিড) হইতে জলের উপাদান (H_2O) টানিয়া লয়। শ্বেতসার, চিনি, কাগজ বা কাঠ কারবনে পরিণত হইয়া কালো হয়। ফরমিক অ্যাসিড হইতে CO এবং অক্জ্যালিক অ্যাসিড হইতে CO এবং CO_2 উৎপন্ন হয়।

$$(C_6H_{10}O_5)n(\text{শ্বেতসার}) + H_2SO_4 = 6nC + 5nH_2O + H_2SO_4.$$

$$C_{12}H_{22}O_{11}(\text{চিনি}) + H_2SO_4 = 11H_2O + 12C + H_2SO_4 ;$$

$H.COOH + H_2SO_4 = H_2O + CO + H_2SO_4.$

$(COOH)_2.\ 2H_2O + H_2SO_4 = CO + CO_2 + 3H_2O + H_2SO_4.$

পরীক্ষা : চিনির গাঢ় দ্রবের মধ্যে গাঢ় H_2SO_4 দাও। সমস্ত দ্রব কালো হইয়া উথলিয়া উঠে। হাল্‌কা কাঠ গাঢ় H_2SO_4-এর ভিতর রাখ। ইহা কালো হইয়া যায়।

পরীক্ষা : গাঢ় H_2SO_4-এ একটি কাচদণ্ড ডুবাইয়া এক টুকরা কাগজে তোমার নাম লিখ। এই কাগজ বুনসেন দীপে সামান্য গরম কর। কাগজে কালো রেখায় নাম ফুটিয়া উঠে।

(iii) **তাপের ক্রিয়া :** H_2SO_4 তীব্র তাপে SO_2, H_2O ও O_2তে বিশ্লিষ্ট হয় ; $2H_2SO_4 = 2H_2O + 2SO_2 + O_2.$

(iv) **H_2SO_4 জারকের কাজ করে :** (ক) উষ্ণ গাঢ় H_2SO_4 কারবন, সাল্‌ফার, HBr ও HIকে জারিত করিয়া যথাক্রমে CO_2, SO_2, ব্রোমিন ও আয়োডিন উৎপন্ন করে ; $C + 2H_2SO_4 = 2H_2O + CO_2 + 2SO_2$; $S + 2H_2SO_4 = 2H_2O + 3SO_2$; $2HBr + H_2SO_4 = 2H_2O + Br_2 + SO_2$; ফসফরাস ও H_2SO_4 একসঙ্গে উত্তপ্ত করিলে ফসফরাস জারিত হইয়া ফস্‌ফরাস অ্যাসিড ও ফস্‌ফরিক অ্যাসিড এবং H_2SO_4 বিজারিত হইয়া SO_2 ও গন্ধক উৎপন্ন হয়।

(v) **অ্যাসিড ধর্ম :** (ক) ইহা জলীয় দ্রব খুব আয়নিত ও তীব্র অ্যাসিড-ধর্ম প্রাপ্ত হয়। ইহার জলীয় দ্রবণ নীল লিটমাসকে লাল করে। ইহা দ্বিক্ষারিক (dibasic) অ্যাসিড। ইহার একটি হাইড্রোজেন পরমাণু ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়া বাই-সালফেট এবং দুইটি হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হইয়া শমিত সালফেট লবণ প্রস্তুত হয়। ইহা ক্ষার ও ক্ষারকের সঙ্গে জল ও লবণ প্রস্তুত করে।

$NaOH + H_2SO_4 = NaHSO_4 + H_2O.$

$2NaOH + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2H_2O.$

$MgO + H_2SO_4 = MgSO_4 + H_2O.$

(খ) পাতলা H_2SO_4 তড়িৎ-রসায়ন শ্রেণীতে (electro chemical series) H_2র উপর Pb ছাড়া সব ধাতুর (যথা Na, K, Ca, Al, Mn, Fe, Zn, Mg) সহিত ক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন ও লবণ গঠন করে।

পরীক্ষা ঃ গাঢ় H_2SO_4 অ্যাসিডে কয়েক খণ্ড জিঙ্ক দাও। কোন ক্রিয়া হয় না। অ্যাসিডে জল ঢাল। হাইড্রোজেন উত্থিত হয়।

$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2.$$

(গ) গাঢ় ঠাণ্ডা H_2SO_4 অ্যাসিড Pb, Sn, Hg, Fe প্রভৃতির উপর কোন ক্রিয়া করে না কিন্তু উষ্ণ গাঢ় H_2SO_4 অ্যাসিড H_2র উপরের ও নীচের সব ধাতুর সহিত ক্রিয়া করিয়া SO_2, H_2O ও লবণ উৎপন্ন করে। সুতরাং উষ্ণ ও গাঢ় H_2SO_4 জারকের কাজ করে।

$$Pb + 2H_2SO_4 = PbSO_4 + SO_2 + 2H_2O.$$

$$Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + 2H_2O + SO_2.$$

সোনা, প্লাটিনাম, রোডিয়াম ধাতুর উপর কোন অবস্থাতেই H_2SO_4-এর কোন ক্রিয়া হয় না।

(ঘ) H_2SO_4 কম উদ্বায়ী অ্যাসিড; সেইজন্য ইহা তাপে লবণ হইতে অধিক উদ্বায়ী অ্যাসিডকে মুক্ত করে; যথা. নাইট্রেট হইতে HNO_3, ক্লোরাইড হইতে HCl মুক্ত হয়। $NaCl + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HCl.$ $NaNO_3 + H_2SO_4 = HNO_3 + NaHSO_4$ (উত্তপ্ত করিলে)

পরীক্ষা ঃ একটি বীকারে NaCl লও। উহাতে গাঢ় H_2SO_4 ঢাল। HCl উত্থিত হয়।

২১৪। **H_2SO_4 অ্যাসিডে গন্ধক, অক্সিজেন ও হাইড্রোজেন আছে ঃ** (i) **বিশ্লেষণ-পদ্ধতি ঃ** (ক) **S :** গাঢ় H_2SO_4 ও Cu-এর ক্রিয়ায় উৎপন্ন SO_2কে জলে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবকে বদ্ধ নলে 150°Cতে উত্তপ্ত করিলে যে হলদে দ্রব্য পাওয়া যায় উহা CS_2তে দ্রবীভূত হয়। উহা পোড়াইলে SO_2-র গন্ধ পাওয়া যায়। সুতরাং H_2SO_4 অ্যাসিডে **গন্ধক** আছে।

O : গাঢ় H_2SO_4কে লোহিত তপ্ত ঝামা পাথরে ফেলিয়া উৎপন্ন SO_2, H_2O (স্টীম) ও অক্সিজেনকে হিম-মিশ্রের মধ্য দিয়া লইলে SO_2 ও H_2O তরল হয়। অক্সিজেনকে জলের উপর গ্যাস-জারে সংগ্রহ করা হয়। অক্সিজেনের সমস্ত ধর্ম পরীক্ষা দ্বারা মিলাইয়া পাওয়া যায়। সুতরাং H_2SO_4 অ্যাসিডে **অক্সিজেন** আছে।

H : জিঙ্ক ও পাতলা ঠাণ্ডা H_2SO_4-এর ক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। উষ্ণ গাঢ় H_2SO_4-এর ক্রিয়ায় H_2O ও SO_2 উৎপন্ন হয়। আবার S ও অক্সিজেনের ক্রিয়ায় SO_2 উৎপন্ন হয়। হাইড্রোজেন ও

অক্সিজেনের ক্রিয়ায় H_2O উৎপন্ন হয়। সুতরাং H_2SO_4তে S, H ও O থাকে।

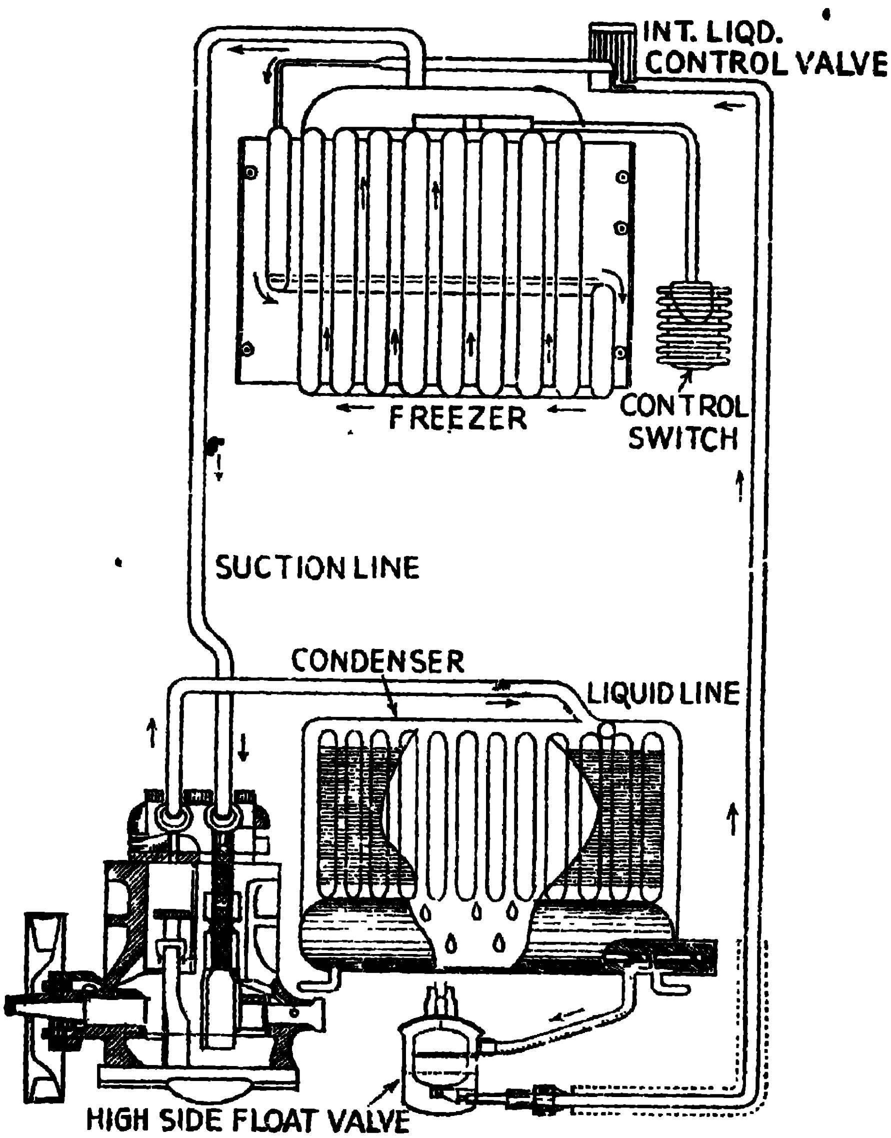
(ii) **সংশ্লেষণ পদ্ধতি** : বিশুদ্ধ অক্সিজেন ও হাইড্রোজেন হইতে H_2O উৎপন্ন হয়। বিশুদ্ধ Sকে বিশুদ্ধ অক্সিজেনেতে পোড়াইলে SO_2 হয়। SO_2কে অনুঘটকের সাহায্যে অক্সিজেনে পোড়াইলে SO_3 হয়। SO_3কে জলে শোষণ করিলে H_2SO_4 হয়।

সালফেট : H_2SO_4-এর শমিত লবণকে সালফেট বলে। ধাতু, ধাতব অক্সাইড, ধাতব হাইড্রোক্সাইড, ধাতব কারবনেট বা ধাতব ক্লোরাইডের সঙ্গে H_2SO_4-এর ক্রিয়ায় সালফেট উৎপন্ন হয়; $ZnO + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2O$; $MgCO_3 + H_2SO_4 = MgSO_4 + H_2O + CO_2$. $2NaCl + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2HCl$. $BaSO_4$, $PbSO_4$, প্রভৃতি কয়েকটি সালফেট ব্যতীত সব সালফেট জলে দ্রাব্য, সালফেট লবণ স্ফটিক জল সহ কেলাসিত হয়। $Na_2SO_4,10H_2O$ (গ্লবার লবণ) সোডা উৎপাদনে ও কাচশিল্পে, $MgSO_4,7H_2O$ (এপসম লবণ) বিরেচকরূপে $CaSO_4, 2H_2O$ (জিপসাম) প্লাস্টার অফ প্যারি প্রস্তুতে, $CuSO_4, 5H_2O$ (ব্লু ভিট্রিয়ল, তুঁতে) কপারের তড়িৎ লেপনে, রং প্রস্তুতে বীজাণুনাশকরূপে, $FeSO_4, 7H_2O$ (গ্রীন ভিট্রিয়ল) কাষ্ঠ সংরক্ষণে, কালি প্রস্তুতে, রং উৎপাদনে, রংশিল্পে, বীজাণুনাশকরূপে, $ZnSO_4, 7H_2O$ (হোয়াইট ভিট্রিয়ল) রংশিল্পে ও ঔষধে ব্যবহৃত হয়।

২১৫। **সালফিউরিক অ্যাসিড বা সালফেটের পরীক্ষা** : (i) উত্তপ্ত গাঢ় H_2SO_4 ও Cu-এর ক্রিয়ায় SO_2 উৎপন্ন হয়। SO_2কে গন্ধ দ্বারা ও $KMnO_4$কে বিরঞ্জণ করিবার গুণ দ্বারা চেনা যায়। (ii) $BaCl_2$-এর দ্রবে যে কোন সালফেট দ্রব বা H_2SO_4 দিলে সাদা অদ্রাব্য $BaSO_4$ অধঃক্ষিপ্ত হয়। ইহা তীব্র HCl-এ অদ্রাব্য ; $BaCl_2 + Na_2SO_4 = BaSO_4 + 2NaCl$. (iii) সালফেটকে Na_2CO_3র সঙ্গে কয়লার উপর বিজারক শিখায় উত্তপ্ত করিলে সোডিয়াম সালফাইড উৎপন্ন হয়। এই কঠিনকে জলে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবের একাংশে রূপার মুদ্রা দিলে মুদ্রার উপর সিলভার সালফাইডের কালো আস্তরণ পড়ে। একাংশে পাতলা HCl দিলে উৎপন্ন H_2S লেড্ অ্যাসেটেট দ্রবসিক্ত কাগজকে কালো করে। (iv) সালফেট দ্রবে লেড্ অ্যাসেটেট

দ্রব দিলে সাদা $PbSO_4$ অধঃক্ষিপ্ত হয়। ইহা উত্তপ্ত অ্যামোনিয়াম অ্যাসেটেট দ্রবে দ্রাব্য।

২১৬। ব্যবহার : H_2SO_4 অসংখ্য রসায়নশিল্পে ব্যবহৃত হয়। এমন কোন রসায়নশিল্প নাই যাহাতে H_2SO_4 সাক্ষাৎভাবে বা পরোক্ষভাবে ব্যবহৃত হয় না। (i) HCl, HNO_3 ও অন্যান্য অ্যাসিড উৎপাদনে (ii) Na_2CO_3, ফসফরাস, সার [সুপার ফসফেট, $(NH_4)_2$ SO_4] সালফেট, বিস্ফোরক, (যথা নাইট্রোগ্লিসারিন, গান কটন), রং [নীল (indigo)], ফট্‌কিরি (alum), রঞ্জক (pigment) উৎপাদনে, (iii) পেট্রোলিয়াম শোধনে, বিরঞ্জনে, সঞ্চয়নকোষ নির্মাণে, পরীক্ষাগারে বিকারক হিসাবে (iv) গ্যাস

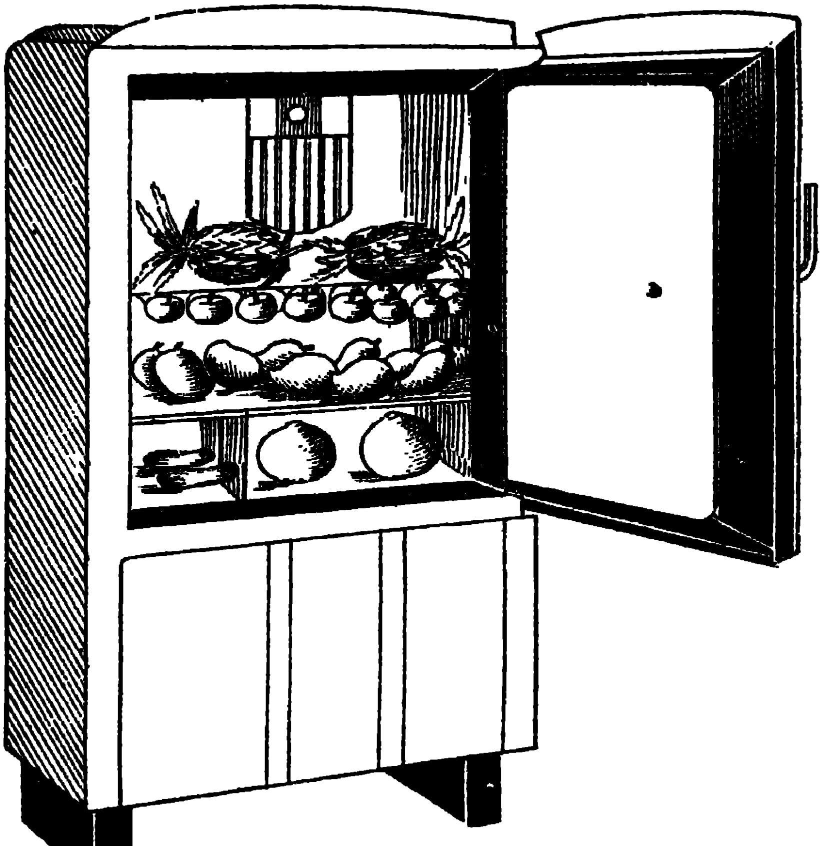


১০১নং চিত্র—তাপহারক

শুদ্ধীকরণে, CO, শ্বেতসার ও গ্লুকোজ উৎপাদন প্রভৃতি অসংখ্য শিল্প-কাজে H_2SO_4 ব্যবহৃত হয়।

সালফিউরিক অ্যাসিডকে পাথরের বোতলে (stone-ware bottle) রাখা হয়। ইহার মুখে পাথরের ছিপি থাকে।

২১৭। **তাপহারক** (Refrigerator): তড়িৎ-চালিত মোটর দ্বারা সালফার ডাই-অক্সাইডকে অত্যধিক চাপে ঘনীকরকে তরল করা হয়। এই তরল SO_2কে নল দিয়া একটি বড় বাক্সের চারিপাশে লওয়া হয়। নলে তরল SO_2 বাষ্পীভূত হয়। বাষ্পীভবনে বাক্সের তাপ শোষিত হয়। বাক্স খুব শীতল হয়। SO_2-এর বাষ্প পুনরায় ঘনীকারকে পাম্প দ্বারা চাপে তরল করা হয়। এইরূপে একই পরিমাণ SO_2 ব্যবহৃত হয়। ইহাতে ফলমূল, মাংস, মাছ প্রভৃতি সংরক্ষিত থাকে।



১০২নং চিত্র—তাপহারকে ফল ইত্যাদি সংরক্ষিত আছে।

২১৮। **অ্যালাম** (Alum): পটাসিয়াম ও অ্যালুমিনিয়াম সালফেটের দ্বিধাতব লবণকে (double salt) সাধারণ অ্যালাম বা ফটকিরি বলে। ইহার

সংকেত $K_2SO_4,Al_2(SO_4)_3,24H_2O$. ইহা ছাড়া Cr, Mn, Fe প্রভৃতি ধাতুর সালফেটও পটাসিয়াম সালফেটের সহিত যুক্ত হইয়া উপরোক্ত প্রকার দ্বিধাতব লবণ গঠন করে। ইহাদেরও অ্যালাম বলে। ইহারা সকলেই সমাকৃতি (isomorphous)। পটাসিয়াম সালফেট ব্যতীত অন্য ক্ষার ধাতুর লবণ ও $(NH_4)_2SO_4$, উক্তরূপ অ্যালাম গঠন করে; যথা $(NH_4)_2SO_4$, $Fe_2(SO_4)_3$; $24H_2O$; K_2SO_4, $Cr_2(SO_4)_3$,$24H_2O$. ইহাদিগের সাধারণ সংকেত $R_2SO_4,M_2(SO_4)_3 24H_2O$; R = একযোজী ধাতুর (Na,K,Ag ইত্যাদি) পরমাণু বা NH_4 মূলক M = ত্রিযোজী ধাতুর (Al, Fe Cr.) পরমাণু। সাধারণ অ্যালাম তিন প্রকারে পণ্য হিসাবে উৎপন্ন হয় যথা—

(ক) অ্যালাম প্রস্তর (Alum Shale) **হইতে:** অ্যালাম প্রস্তরে অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেট ও লোহার পাইরাইটিস (FeS_2) মিশ্রিত থাকে। প্রস্তরকে গাদা করিয়া ভর্জিত করিলে FeS_2 জারিত হইয়া $FeSO_4$ ও H_2SO_4 উৎপন্ন করে। এই H_2SO_4 অ্যাসিড প্রস্তরের অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেটকে অ্যালুমিনিয়াম সালফেটে পরিণত করে। এখন ভর্জিত প্রস্তরকে জলে দ্রাবিত (lixiviated) করিয়া দ্রবকে পরিস্রাবণ করিয়া পরিস্রুতকে বাষ্পীভূত করিয়া গাঢ় করা হয়। পরে এই দ্রবে উপযুক্ত পরিমাণ পটাসিয়াম ক্লোরাইড দিয়া অনবরত নাড়া হয়। তারপর দ্রবকে শীতল করিলে অ্যালাম কেলাসিত হয়! ইহাকে Alum meal বলে!

(খ) **অ্যালিউনাইট** (Alunite) **হইতে:** অ্যালিউনাইট একটি খনিজ এবং ইহার সংকেত হইল—K_2SO_4, $Al_2(SO_4)_3$, $2Al_2O_3$, $6H_2O$. অ্যালিউনাইট হইতে দুই উপায়ে অ্যালাম পাওয়া যায়। (i) অ্যালিউনাইটকে বায়ুতে ভস্মীভূত (calcined) করিয়া জলে দ্রাবিত করিলে $K_2SO_4Al_2(SO_4)_3$ দ্রবীভূত হয় কিন্তু Al_2O_3 অদ্রাব্য থাকিয়া যায়। ফিল্টার করিয়া দ্রবকে বাষ্পীভূত করিলে অ্যালাম পাওয়া যায়। (ii) অ্যালিউনাইট ও গাঢ় H_2SO_4 500—600°C'তে সিদ্ধ (digested) করিলে Al_2O_3 দ্রবীভূত হইয়া $Al_2(SO_4)_3$'তে পরিণত হয়। এখন দ্রবে উপযুক্ত পরিমাণ K_2SO_4 দিলে এবং দ্রবকে শীতল করিলে অ্যালাম কেলাসিত হয়।

(গ) **বক্সাইট হইতে:** বক্সাইটকে লঘু H_2SO_4'তে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবে K_2SO_4 দিয়া দ্রবকে বাষ্পীভূত করিলে অ্যালামের কেলাস পাওয়া যায়।

ধর্ম ঃ অ্যালাম বর্ণহীন কেলাসিত পদার্থ, জলে দ্রাব্য। দ্রব অ্যাসিডিক ও কড়া স্বাদযুক্ত। ইহা 92°C উষ্ণতায় গলিয়া যায়। 200°C উষ্ণতায় ইহার সমস্ত কেলাস-জল (water of crystallisation) উপিয়া যায় এবং নিরুদক সাদা ফোঁপরা সালফেট পড়িয়া থাকে। ইহাকে পোড়া অ্যালাম (burnt alum) বলে।

ব্যবহার ঃ রঞ্জন শিল্পে কাপড়ে রং ধরাইবার জন্য (mordant), ছিটের কাপড় রঞ্জনে (calico-printing) কাগজ ও চর্মশিল্পে ঔষধে ও জল বিশুদ্ধীকরণে ইহা ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্নাবলী

1. How does Sulphur occur in nature? What are its allotropic modifications? Give their properties and uses? সালফার প্রকৃতিতে কিভাবে পাওয়া যায়? ইহার বহুরূপ কি কি? বহুরূপের ধর্ম ও ব্যবহার বল।
(Camb. 1919 ; C. U. '15, '23, '25, '29.)

2. Starting with Roll Sulphur show how you will prepare (a) SO_2. (b) SO_3 and (c) H_2S in the laboratory. What happens when each of them is brought into contact with water, and acidulated $KMnO_4$ sol? বাতি গন্ধক হইতে আরম্ভ করিয়া তুমি কি প্রকারে পরীক্ষাগারে (a) SO_2, (b) SO_3 ও (c) H_2S প্রস্তুত করিবে? ইহাদের প্রত্যেকের সহিত জলের এবং অ্যাসিডযুক্ত $KMnO_4$ দ্রবণের সংস্পর্শ ঘটাইলে কি হয়? (Camb. Jun. ; Mad. 1936.)

3. Compare the physical and chemical properties of the elements Carbon and Sulphur. How will you prepare their allotropes? কারবন ও সালফার মৌলদ্বয়ের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের তুলনা কর। উহাদের বহুরূপ কি প্রকারে প্রস্তুত করিবে। (C. U. 1928.)

4. Compare the action of Chlorine on vegetable colours with that of Sulphur dioxide. Prove that H_2S and SO_2 each contains Sulphur. উদ্ভিদ জাত রংঙের উপর ক্লোরিন ও সালফার ডাইঅক্সাইডের ক্রিয়ার তুলনা কর। প্রমাণ কর যে H_2S ও SO_2 প্রত্যেকে S আছে। (C. U. 1910, '38, '40, '41 ; All. 1914.)

5. What takes place when :—(a) Cu is heated with conc. H_2SO_4; (b) S is burnt in air and the gas is passed through Na_2CO_3 solution; (c) H_2S is passed throuh (i) iodine suspended in water, (ii) solution of SO_2 in water. (iii) solution of NaOH, Give equations কি ঘটে যখন (a) Cu ও গাঢ় H_2SO_4 উত্তপ্ত করা হয়; (b) Sকে বায়ুতে পোড়াইয়া গ্যাসকে Na_2CO_3-এর দ্রবণে অতিক্রম করানো হয়। (c) H_2Sকে (i) জলে প্রলম্বিত আয়োডিনের উপর (ii) জলে SO_2-এর দ্রবের মধ্য দিয়া (iii) NaOH-এর মধ্য দিয়া অতিক্রম করানো হয়। সমীকরণ দাও। (Camb. Jun ; Mad. 1911 ; C. U. 1926.)

6. How is SO_2 prepared (a) in the laboratory and (b) on a large scale? Give its uses. What takes place when SO_2 is passed into—(a) Cl_2 water, (b) a mixture of NO_2 and water vapour, (c) HNO_3, (d) Na_2CO_3 sol, (f) H_2O_2, (g) $FeCl_3$ sol. and (h) $KMnO_4$ sol.? SO_2 (ক) পরীক্ষাগারে ও (খ) পণ্য হিসাবে কিরূপে প্রস্তুত হয়। ইহার ব্যবহার কি কি? কি ঘটে যখন SO_2-(i) Cl_2 (ii) জল (iii) NO_2 ও জলীয় বাষ্পের মিশ্রণ (iv) HNO_3 (v) Na_2CO_3 এর দ্রবণ (vi) H_2O_2 (vii) $FeCl_3$-এর দ্রবণ (viii) $KMnO_4$-এর দ্রবণের মধ্য দিয়া অতিক্রম করানো হয়। (C. U. 1935, '43.)

7. How will you prepare pure dry Sulphur dioxide? State the action of the gas on (1) H_2S solution in water. (2) bromine water, (3) milk of lime. (4) dry coloured flowers. Give equations. বিশুদ্ধ ও শুষ্ক SO_2 কি প্রকারে প্রস্তুত করিবে? (1) জলে H_2S-এর দ্রবণে (2) ব্রোমিন জলে (3) চুন-গোলায় (4) শুষ্ক ফুলে SO_2 অতিক্রম করাইলে কি হয়? সমীকরণ দাও।

(Punj. 1929 ; C. U. 1923, '33, '43)

8. What gases are produced by the action of Sulphuric acid on the following and under what condition :—(a) Carbon, (b) Sulphur, (c) Zinc, (d) Copper? Compare Sulphur with Oxygen. নিম্নলিখিত দ্রব্যের উপর কি সর্তে H_2SO_4 এর ক্রিয়ায় কি গ্যাস উৎপন্ন হয়। (a) কারবন (b) সালফার (c) জিঙ্ক (d) কপার? সালফার ও অক্সিজেন তুলনা কর। (Nag. 1910 ; C. U. 1930.)

9. How is H_2SO_4 manufactured? What, if any, catalytic agent is used in its preparation? What is the action of conc. H_2SO_4 on (a) Cu, (b) charcoal and (c) lead? H_2SO_4-এর পণ্যোৎপাদন কিরূপে হয়? ইহার প্রস্তুতিতে যদি কোন অনুঘটক ব্যবহৃত হইয়া থাকে তবে তাহা কি? (ক) কপার (খ) কাঠকয়লা (গ) লেডের উপর গাঢ় H_2SO_4-এর ক্রিয়া কি?

(Camb, Jun. 1921 ; Pat. 1928 ; C. U. 1924, '26, '46.)

10. How will you prepare a small quantity of H_2SO_4 in the laboratory according to the Chamber process? Give equations. Sketch the apparatus and give the uses of the acid. চেম্বার পদ্ধতিতে পরীক্ষাগারে সামান্য H_2SO_4 কিরূপে প্রস্তুত করিবে? সমীকরণ দাও, যন্ত্রের ছবি আঁক এবং অ্যাসিডের ব্যবহার কি কি বল?

(Cam, Jun, Mad. 1931 ; Bom. 1939 ; C. U. 1917. '22.)

11. How is pure H_2S obtained? What is the most common impurity of the gas and how would you ascertain it? What is the action of H_2S on ferrous Sulphate sol. acidulated and alkaline? Compare H_2S with H_2O. বিশুদ্ধ H_2S কি প্রকারে প্রস্তুত করিবে? গ্যাসে সাধারণ অশুদ্ধি কি? তুমি ইহা কি প্রকারে নির্ণয় করিবে? ক্ষারীয় ও অ্যাসিডিক ফেরাস সালফেট দ্রবণের উপর H_2S এর ক্রিয়া কি? H_2S ও H_2O তুলনা কর।

পঞ্চদশ অধ্যায়

ব্যবহারিক রসায়ন

(Practical Chemistry)

[**Course, Content :** 1. Preparation and properties of ammonia and carbon dioxide.

2. Study of the properties of hydrochloric acid and chlorine ; and of the action of hydrogen sulphide in solutions of salts.

3. Simple exercises on the effects of heat and of reagents on substances, including the recognition of evolved gases—e. g. hydrogen, oxygen, carbon dioxide, chlorine, bydrogen chloride, hydrogen sulphide, sulphur dioxide, ammonia.

4. Identification of the acid radicals—nitrate, chloride, carbonate, sulphate, sulphide and sulphite.]

২১৯। ব্যবহারিক রসায়নের পাঠ্যস্থচীর বিষয় তত্ত্বীয় (theoretical) রসায়নের পাঠ্য-স্থচীর বিষয়ের মধ্যে অন্তর্ভুক্ত থাকায় তত্ত্বীয় রসায়নের আলোচনার সময় ব্যবহারিক রসায়নের পাঠ্যস্থচীর বিষয়গুলির ও পরীক্ষাগুলির উল্লেখ করা হইয়াছে। এই সকল বিষয় পুনরুল্লেখ নিষ্প্রয়োজন ; যথা ব্যবহারিক রসায়নের পাঠ্যস্থচীর মধ্যে "অ্যামোনিয়া ও কারবন ডাই-অক্সাইডের প্রস্তুত-প্রণালী ও ধর্ম" (Preparation and Properties of Ammonia and Carbon Dioxide) এই বিষয় আছে কিন্তু তত্ত্বীয় রসায়নের পাঠ্যস্থচীর মধ্যেও এই একই বিষয় অন্তর্ভুক্ত। তত্ত্বীয় রসায়নের আলোচনার সময় এই বিষয়গুলি ও পরীক্ষগুলি ব্যবহারিক রসায়নের ক্লাসে ছাত্রগণ যেরূপভাবে পরীক্ষা করিবে সেইভাবেই নির্দেশ সহকারে আলোচনা করা হইয়াছে। ব্যবহারিক রসায়নের পাঠ্যস্থচীর বিষয় তত্ত্বীয় রসায়নের আলোচনায় যে অনুচ্ছেদে উল্লিখিত হইয়াছে তাহার নির্দর্শন দেওয়া হইল।

২১৯। (ক)। ব্যবহারিক ক্লাসের নিয়ম (Guidance in practical class) :

ব্যবহারিক রসায়নের ক্লাসে পরীক্ষা (experiment) করিবার সময় ছাত্রদিগের কতকগুলি নিয়ম ও পরামর্শ মানিয়া চলা উচিত। যথা :—

(১) সব সময়েই পরিষ্কার ও পরিচ্ছন্নভাবে শৃঙ্খলার সহিত কাজ করিবে। এই গুণগুলির উপর পরীক্ষার সাফল্য অনেকটা নির্ভর করে।

(২) প্রত্যেক যন্ত্র ব্যবহারের পূর্বে ও পরে পরিষ্কার করিয়া ধৌত করিবে।

(৩) ব্যবহারিক রসায়নের ক্লাসে তাকের উপর বোতলে সাধারণ বিকারক (reagent) থাকে। বোতলগুলি যে ক্রমে (order) সাজানো থাকে ব্যবহারের পর সঙ্গে সঙ্গে বোতলের মুখে ছিপি দিয়া সেই ক্রমে তাকে বোতলগুলি সাজাইয়া রাখিবে।

(৪) বোতল খুলিয়া ছিপি টেবিলের উপর রাখিবে না। ছিপিকে বাম হাতের আঙ্গুলে ধরিয়া রাখিবে।

(৫) বোতল হইতে তরল ঢালিবার সময়ে লক্ষ্য রাখিবে যেন তরল বোতলের লেবেলের উপর দিয়া গড়াইয়া না পড়ে।

(৬) পরীক্ষা-নলে কোন পদার্থ গরম করিবার সময় পরীক্ষা-নলকে ভাঁজ-করা কাগজ দ্বারা কিংবা চিমটা (holder) দ্বারা ধরিবে। পরীক্ষা-নলকে একটু কাত করিয়া বুনসেন দীপের অদীপ্ত শিখায় ধরিবে এবং পরীক্ষা-নলকে অল্প নাড়াইতে থাকিবে।

(৭) ছাত্রগণ পরীক্ষা করিবার সময় পোশাকের উপর বড় তোয়ালে জড়াইয়া লইবে।

(৮) পরীক্ষা করিবার পূর্বে পরীক্ষার বিষয়-বস্তু সম্পর্কে সম্যক্‌ভাবে জানিয়া লইবে।

(৯) পরীক্ষার সময় যে পাত্র (apparatus) দরকার সেগুলি পরীক্ষার পূর্বে যোগাড় করিয়া রাখিবে।

(১০) পরীক্ষার ফলগুলি খাতায় লিখিয়া রাখিবে। যে যন্ত্র দিয়া পরীক্ষা করিবে তাহার পরিষ্কার ছবি আঁকিবে। পরীক্ষার তিনটি অংশ থাকে, যথা (ক) পরীক্ষার যেটুকু কাজ হাতে করিতে হয় তাহা, (খ) পরীক্ষার সময় কি পরিবর্তন হয় তাহা ভালরূপ পর্যবেক্ষণ (observation) করিবে। (গ) পরীক্ষার কি সিদ্ধান্ত (inference) হয়। এই বিষয়গুলি—পরীক্ষা, পর্যবেক্ষণ ও সিদ্ধান্ত এই ক্রমে খাতায় লিখিবে।

(১১) রাসায়নিক পরীক্ষাগারে প্রায় সামান্য দুর্ঘটনা ঘটে। এই দুর্ঘটনাগুলি এড়াইবার চেষ্টা করিবে। যদি এরূপ দুর্ঘটনা ঘটে তবে তাহাদের প্রাথমিক চিকিৎসা (first aid) সম্পর্কে জানা উচিত। দুর্ঘটনাগুলি এইরূপ :—

(ক) পোঁড়া (Burns) : অসাবধানতাবশতঃ কোন উত্তপ্ত বস্তু ধরিলে হাত পুড়িয়া যাইতে পারে। তাপে হাত পুড়িলে পিক্‌রিক্ অ্যাসিডের দ্রবণ (Picric acid) দ্বারা দগ্ধস্থান ধুইয়া ফেলিয়া একটু ওলিভ তেলে (olive oil) কিংবা ভেসেলিনে মিশ্রিত বোরিক অ্যাসিডের (Boric acid) মলম দিবে। কোন অ্যাসিডে হাত পুড়িলে দগ্ধ স্থান প্রথমে জল দিয়া ধুইয়া পরে সোডিয়াম বাইকারবনেট দ্রবণ দিয়া ধুইবে।

(খ) কাটা (Cuts) : অনেক সময় কাচে বা ছুরিতে হাত কাটিয়া যায়। ক্ষতস্থান জল দিয়া ভালরূপে ধুইয়া টিনচার আয়োডিন (Tincture Iodine) লাগাইবে। যদি ক্ষতস্থান হইতে বেশী রক্তপাত হয় তবে সেইখানে টিনচার বেনজয়েন (Tincture Benzoin) লাগাইয়া তূলা দিয়া বাঁধিবে।

(গ) গ্যাসের বিষক্রিয়া (Gas Poisoning) : কোন বিষাক্ত গ্যাস আঘ্রাণ করিলে মুখ ও চোখ প্রচুর জলে ধুইয়া ফেলিবে। পাতলা অ্যামোনিয়া দ্রবণ আঘ্রাণ করিবে। খোলা জায়গায় কিছুক্ষণ নিশ্বাস লইবে।

২২০। অ্যামোনিয়া প্রস্তুতি ও ধর্ম : ২৫৬, পৃষ্ঠা ১৯ অনুচ্ছেদে অ্যামোনিয়ার প্রস্তুতপ্রণালীর বিষয় ও ২৬১ পৃষ্ঠা ২০ অনুচ্ছেদে ধর্মের বিষয় পরীক্ষা বর্ণিত হইয়াছে।

অ্যামোনিয়ার একটি সহজ প্রস্তুত-প্রণালী বর্ণিত হইল :—

১৯ নং অনুচ্ছেদে পরীক্ষায় ফ্লাস্কের পরিবর্তে একটি মোটা শক্ত কাচের নলে শুষ্ক গুঁড়া অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও শুষ্ক গুঁড়া চুন ভর্তি কর।

(নবম শ্রেণীর ৫০নং চিত্রের মত)

কাচনলের মুখে নির্গম-নল জুড়িয়া দাও। নির্গমনলের অপর প্রান্ত চুনপূর্ণ স্তম্ভের নীচের প্রবেশপথে কর্কের মধ্যে ঢুকাইয়া দাও। স্তম্ভের উপর দিকে অপর ছিদ্রের সহিত নির্গম-নল যোগ করিয়া দাও। নির্গম-নলটি বন্ধনীতে আটকানো উপুড়-করা গ্যাসজারের মধ্যে ঢুকাইলে হাল্‌কা অ্যামোনিয়া গ্যাসজারে জমে।

কারবন ডাই-অক্সাইড : ইহার প্রস্তুতি ৩৪৬ পৃষ্ঠায় ৮৮ অনুচ্ছেদে এবং ইহার ধর্ম ৩৪৮ পৃষ্ঠায় ৮৯ অনুচ্ছেদে বর্ণিত হইয়াছে।

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড: ইহার ধর্ম ৪৪৮ পৃষ্ঠায় ১৫২ অনুচ্ছেদে বর্ণিত হইয়াছে।

ক্লোরিন: ইহার ধর্ম ৪৬৭ পৃষ্ঠায় ১৬৩ অনুচ্ছেদে বর্ণিত হইয়াছে।

২২১। বিভিন্ন লবণের উপর হাইড্রোজেন সালফাইডের ক্রিয়া:

(Action of Hydrogen sulphide on solutions of salts)

1. হাইড্রোজেন সাল্‌ফাইডের বিবরণ পূর্বে দেখ।

2. **যন্ত্রপাতি:** (i) কীপস্ যন্ত্র, (ii) নির্গম-নল, (iii) পরীক্ষা-নল, (iv) গ্যাস-জার।

3. **রাসায়নিক উপকরণ:** ফেরাস সালফাইড, সালফিউরিক অ্যাসিড, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, কপার সালফেট, মারকিউরিক ক্লোরাইড, জিঙ্ক সালফেট, অ্যান্টিমনি ক্লোরাইড, আরসেনিক ক্লোরাইড দ্রবণ।

কীপস্ যন্ত্রে ফেরাস সালফাইড ও সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত করিয়া H_2S প্রস্তুত কর।

পরীক্ষা	পর্যবেক্ষণ	সিদ্ধান্ত
1. পরীক্ষা-নলে মারকিউরিক ক্লোরাইড দ্রবণ লও। উহাতে অল্প HCl মিশাও। এই দ্রবণে কীপস্ যন্ত্র হইতে একটি কাচনলের সাহায্যে H_2S গ্যাস অতিক্রম করাও।	1. কালো অধঃক্ষেপ পড়ে।	1. কালো বর্ণের মারকিউরিক সালফাইড উৎপন্ন হয়। উহা HCl অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয় না। $HgCl_2+H_2S=HgS+2HCl$. উহা নাইট্রিক অ্যাসিডেও অদ্রাব্য।
2. পরীক্ষা-নলে কপার সালফেট দ্রবণ লও। উহাতে HCl মিশাও। কীপস্ যন্ত্র হইতে H_2S গ্যাস এই দ্রবণে অতিক্রম করাও।	2. কালো অধঃক্ষেপ পড়ে	2. কালো বর্ণের কপার সালফাইড উৎপন্ন হয়। উহা HCl অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয় না। $CuSO_4+H_2S=CuS+H_2SO_4$. কিন্তু উহা নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয়।

	পর্যবেক্ষণ	সিদ্ধান্ত
3. পরীক্ষা-নলে অ্যান্টিমনি ক্লোরাইড দ্রবণ লও। উহাতে অল্প HCl মিশাও। কীপ্স্ যন্ত্র হইতে দ্রবণে H_2S গ্যাস অতিক্রম করাও।	3. কমলা বর্ণের অধঃক্ষেপ পড়ে।	কমলা বর্ণের অ্যান্টিমনি সালফাইড উৎপন্ন হয়। উহা HCl অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয় না। $2SbCl_3+3H_2S$ $=Sb_2S_3+6HCl.$
4. পরীক্ষা নলে আরসেনিক ক্লোরাইড দ্রবণ লও। উহাতে অল্প HCl অ্যাসিড মিশাও। কীপস্ যন্ত্র হইতে H_2S গ্যাস দ্রবণে অতিক্রম করাও।	4. হলুদ বর্ণের অধঃক্ষেপ পড়ে।	4. হলুদ বর্ণের আরসেনিক সালফাইড উৎপন্ন হয়। উহা ঘন HCl অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয় না। $2AsCl_3+3H_2S$ $=As_2S_3+6HCl.$
5. পরীক্ষা-নলে জিঙ্ক সালফেট দ্রবণ লও। উহাতে অল্প HCl অ্যাসিড মিশাও। কীপস্ যন্ত্র হইতে H_2S গ্যাস দ্রবণে অতিক্রম করাও।	5. কোন অধঃক্ষেপ পড়ে না।	5. জিঙ্ক সালফাইড উৎপন্ন হয় বটে কিন্তু উহা অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয়। সেইজন্য কোন অধঃক্ষেপ পড়ে না।
6. পরীক্ষা-নলে জিঙ্ক সালফেট দ্রবণ লও। উহাতে একটু অ্যামোনিয়াম হাইড্রোক্সাইড দ্রবণ মিশাও। কীপস্ যন্ত্র হইতে দ্রবণে H_2S গ্যাস অতিক্রম করাও।	6. সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে।	6. সাদা বর্ণের জিঙ্ক সালফাইড উৎপন্ন হয়। উহা ক্ষারে দ্রবীভূত হয় না। $ZnSO_4+H_2S$ $=ZnS+H_2SO_4$
7. পরীক্ষা-নলে ফেরাস সালফেট দ্রবণ লও।	7. কালো অধঃক্ষেপ পড়ে।	7. কালো ফেরাস সালফাইড উৎপন্ন হয়।

উহাতে অল্প অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড মিশাও। কীপস্ যন্ত্র হইতে এই দ্রবণে H_2S গ্যাস অতিক্রম করাও।		উহা ক্ষারে দ্রবীভূত হয় না। $FeSO_4+H_2S = FeS+H_2SO_4$.

সাধারণ সিদ্ধান্ত: উপরোক্ত পরীক্ষা হইতে দেখা যায়:—(i) বিভিন্ন রকম ধাতুর সালফাইডের বর্ণ বিভিন্ন হয়। (ii) কতকগুলি ধাতুর সাল্‌ফাইড যথা CuS, HgS অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয় না। (iii) কতকগুলি ধাতুর সাল্‌ফাইড, যথা ZnS, FsS ক্ষারে দ্রবীভূত হয় না।

ধাতব সাল্‌ফাইডের বর্ণ এবং অ্যাসিডে বা ক্ষারে দ্রবণীয়তা পর্যবেক্ষণ করিয়া ধাতু সনাক্ত করা যায়।

২২২। তাপ ও বিকারকের ক্রিয়া (Action of heat and reagents): পরীক্ষাগুলি পাঁচ প্রকারে করা যায়—(i) পরীক্ষা-নলে উত্তাপ প্রয়োগ করা, (ii) কয়লার উপর পদার্থকে রাখিয়া উত্তাপ প্রয়োগ করা, (iii) বোরাক্সগুটিতে (Borax bead) রাখিয়া উত্তাপ প্রয়োগ করা, (iv) শিখায় (flame) রাখিয়া উত্তাপ প্রয়োগ করা, (v) কুণ্ডযুক্ত নলে (bulb-tube) উত্তপ্ত প্রয়োগ করা।

পরীক্ষা-নলে উত্তপ্ত করা: একটি শুষ্ক পরীক্ষা-নলে পর পর নিম্নলিখিত নমুনা গুঁড়া-পদার্থ লও। পরীক্ষা-নলকে একটু কাত করিয়া ধরিয়া উত্তপ্ত কর।

পরীক্ষা	পর্যবেক্ষণ	সিদ্ধান্ত
1. অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড (NH_4Cl)	1. পরীক্ষা-নলের উপরের অংশে শীতল সাদা উৎক্ষেপ জমা হয় এবং অ্যামোনিয়ার গন্ধ পাওয়া যায়।	1. NH_4Cl ঊর্ধ্বপাতিত হয় এবং আংশিক ভাঙিয়া যায়: $NH_4Cl \rightleftharpoons NH_3 + HCl$.
2. মারকিউরিক ক্লোরাইড ($HgCl_2$)	2. প্রথমে ক্লোরাইড গলিয়া যায়, তৎপরে পরীক্ষা-নলের শীতল উপর অংশে সাদা উৎক্ষেপ জমা হয়।	2. উত্তাপে ক্লোরাইড ঊর্ধ্বপাতিত হয়।

পরীক্ষা	পর্যবেক্ষণ	সিদ্ধান্ত
৩. মারকিউরাস ক্লোরাইড (Hg_2Cl_2)	৩. ইহা না গলিয়া উৎক্ষিপ্ত হয়। উৎক্ষেপ ঠাণ্ডা অবস্থায় সাদা, উষ্ণ অবস্থায় হল্‌দে হয়।	
4. মারকিউরাস অক্সাইড (হল্‌দে)	4. লাল বর্ণের উৎক্ষপ।	
5. নীলবর্ণ তুঁতের দানা (কপার সলফেট)	5. সাদা পাউডার এবং পরীক্ষা-নলের উপরের অংশে জল-বিন্দু দেখা যায়।	5. উত্তাপে কপার সালফেটের স্ফটিক জল বাষ্প হইয়া যায় : $CuSO_4,\ 5H_2O = CuSO\ + 5H_2O.$
6. জিঙ্ক কারবনেট	6. সাদা গুঁড়া ইহা তপ্ত অবস্থায় হল্‌দে এবং ঠাণ্ডা অবস্থায় সাদা।	6. জিঙ্ক কারবনেট তাপে জিঙ্ক অক্সাইডে পরিণত হয়; $ZnCO_3 \rightarrow ZnO + CO_2.$
7. জিঙ্ক অক্সাইড	7. জিঙ্ক অক্সাইড তপ্ত অবস্থায় হলদে হয়। ঠাণ্ডা অবস্থায় সাদা হয়।	
8. লেড নাইট্রেট	8. হল্‌দে গুঁড়া পরীক্ষা-নলে পড়িয়া থাকে ও বাদামি গ্যাস উৎপন্ন হয়।	8. লেড নাইট্রেট তাপে হলদে লেড অক্সাইড ও বাদামি বর্ণের নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়। $Pb(NO_3)_2 = 2PbO + 4NO_2 + O_2.$

কতকগুলি অক্সাইডকে উত্তপ্ত করিলে অক্সিজেন, কতকগুলি কারবনেটকে উত্তপ্ত করিলে কারবন ডাই-অক্সাইড, কতকগুলি বাইকারবনেটকে উত্তপ্ত

করিলে কারবন ডাই-অক্সাইড ও জল উৎপন্ন হয়। কতকগুলি ব্রোমাইডকে উত্তপ্ত করিলে ব্রোমিন-বাষ্প এবং কতকগুলি সালফাইটকে উত্তপ্ত করিলে সালফার ডাই-অক্সাইড উত্থিত হয়।

পরীক্ষা	**পর্যবেক্ষণ**	**সিদ্ধান্ত**
খ (i) নমুনা পদার্থের সামান্য একটু লইয়া Na_2CO_3-এর সঙ্গে মিশ্রিত করিয়া মিশ্রণকে একখণ্ড কয়লার উপর গর্তে রাখ। বিজারক ফুৎশিখায় উত্তপ্ত কর।	(i) রসুনের গন্ধ	(i) আরসেনিক
	(ii) শব্দ করে (decripate)	(ii) NaCl, KCl
	(iii) পটপট শব্দ করে (deflagrate)	নাইট্রেট, ক্লোরেট
	(iv) **ধাতব গুটি** (a) কয়লার উপর দাগ (incrustation) থাকে না। সাদা ধাতব গুটি (bead 31), লাল আঁশ (scale 32) বা কালো বা ধূসর চৌম্বক ধাতু (3) পাওয়া যায়।	রূপা (1) তামা (2) লোহা, নিকেল (3)
	(b) ধাতু নরম কিন্তু দাগ সাদা।	টিন
	(c) ধাতুতে কাগজে দাগ পড়ে।	সীসা
	(d) ধাতুর গুটি হয় না কিন্তু সাদা দাগ পড়ে।	
	সাদা ঘন ধোঁয়া বাহির হয়।	পারদ-যৌগ ও অ্যামোনিয়াম যৌগ
	তপ্ত অবস্থায় হলদে, ঠাণ্ডা অবস্থায় সাদা দাগ।	জিঙ্ক-যৌগ
(ii) নমুনা পদার্থের সহিত Na_2CO_3		

পরীক্ষা	পর্যবেক্ষণ		সিদ্ধান্ত
মিশ্রিত করিয়া জারক ফুৎশিখায় উত্তপ্ত করিলে যদি **সাদা অবশেষ** পাওয়া যায় তবে উহাকে কোবাল্ট নাইট্রেট সিক্ত করিয়া জারক ফুৎশিখায় উত্তপ্ত কর।	(i) নীল বর্ণ		অ্যালুমিনিয়াম, সিলিকেট, বোরেট
	(ii) সবুজ বর্ণ		জিঙ্ক
	(iii) নীলাভ সবুজ বর্ণ		টিন
	(iv) বেগুনী-বর্ণ		ম্যাগ্‌নেসিয়াম
সোহাগাগুটি পরীক্ষা: প্লাটিনাম তারে একটু সোহাগা (borax) লইয়া গরম কর। সোহাগা গলিয়া স্বচ্ছ গুটি হয়। এই গুটি নমুনা পদার্থে ডুবাইয়া বিজারক ও জারক ফুৎশিখায় গরম কর।	জারক শিখা	বিজারক শিখা	
	সবুজাভ	লাল	তামা
	হলদে	সবুজ	লোহা
	নীল	নীল	কোবাল্ট
	নীল	বর্ণহীন	ম্যাঙ্গানীজ
	বাদামি	ধূসর বা কালো	নিকেল
শিখা-পরীক্ষা (Flame Test): প্লাটিনাম তারে সামান্য নমুনা দ্রব্যকে HCl অ্যাসিড দ্বারা সিক্ত করিয়া অনুজ্জ্বল বুনসেন শিখার গোড়ায় ধর।	শিখার বর্ণ (i) লাল বেগুনী		(i) পটাসিয়াম
	(ii) আপেলের মত সবুজ		(ii) বেরিয়াম
	(iii) সোনালি হলদে		(iii) সোডিয়াম
	(iv) ইটের মত লাল		(iv) ক্যালসিয়াম
	(v) সবুজাভ নীল		(v) তামা
	(vi) নীলাভ সাদা		(vi) সীসা
কুণ্ড-নল পরীক্ষা: নমুনা পদার্থের সঙ্গে Na_2CO_3, পটাসিয়াম	উজ্জ্বল সাদা ধাতু		পারদ
	উজ্জ্বল কালো ধাতু		রূপা

পরীক্ষা	পর্যবেক্ষণ	সিদ্ধান্ত
সায়ানাইড ও কাঠ-কয়লা মিশাও। এই মিশ্রণকে কুণ্ডযুক্ত নলে প্রবেশ করাও। নলকে উত্তপ্ত কর।		

২২৩। গ্যাস পরিচিতি (Recognition of gases)

(i) **বর্ণ:** হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, কারবন ডাই-অক্সাইড, হাইড্রোজেন ক্লোরাইড, হাইড্রোজেন সালফাইড, সালফার ডাই-অক্সাইড, অ্যামোনিয়া গ্যাসের কোন বর্ণ নাই। ক্লোরিন গ্যাসের বর্ণ ফিকে সবুজ।

গন্ধ: হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন ও কারবন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের কোন গন্ধ নাই। ক্লোরিন, অ্যামোনিয়া, হাইড্রোজেন ক্লোরাইড, সালফার ডাল-অক্সাইড, হাইড্রোজেন সালফাইডের বিশিষ্ট গন্ধ আছে।

1. (i) গ্যাসভর্তি জারে জ্বলন্ত কাঠি ধর।	1. (i) গ্যাসটি নীল শিখার সহিত জ্বলে, কিন্তু কাঠি নিবিয়া যায়।	গ্যাসটি **হাইড্রোজেন**। দহনের সময় ইহা বায়ুর অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া জল গঠন করে।
(ii) শিখা নিবিয়া যাইলে জারে কিছুটা স্বচ্ছ চুনের জল ঢাল।	(ii) চুনের জল ঘোলা হয় না।	ইহা দহনের সহায়ক নহে, কিন্তু ইহা নিজে দাহ্য।
2. (i) গ্যাসভর্তি জারে শিখাহীন লাল তপ্ত কাঠি ধর।	2. (i) গ্যাস জ্বলে না, কিন্তু কাঠি উজ্জ্বল ভাবে জ্বলিয়া উঠে।	গ্যাসটি **অক্সিজেন**। ইহা দহনের সহায়ক কিন্তু নিজে ইহা দাহ্য নহে।
(ii) গ্যাসভর্তি জারে স্বচ্ছ চুনের জল দিয়া ঝাঁকাও।	(ii) চুনের জল ঘোলা হয় না।	
(iii) গ্যাসভর্তি জারের মুখে নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস লইয়া যাও।	বাদামি বর্ণের ধোঁয়া হয়।	

পরীক্ষা	পর্যবেক্ষণ	সিদ্ধান্ত
৩. (i) গ্যাসভর্তি জারে জ্বলন্ত কাঠি ধর।	৩. (i) কাঠি নিবিয়া যায়। গ্যাসও জ্বলে না।	গ্যাসটি **কারবন ডাই-অক্সাইড**। ইহা দহনের সহায়কও নহে, দাহ্যও নয়।
(ii) উক্ত গ্যাস-জারে স্বচ্ছ চুনের জল ঢাল।	(ii) চুনের জল ঘোলাটে হয়।	ইহা চুনের সঙ্গে অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম কারবনেট গঠন করে।
4. (i) গ্যাসভর্তি জারে জ্বলন্ত কাঠি ধর। (ii) এই জারে স্বচ্ছ চুনের জল ঢাল।	4. (i) ইহা নিবিয়া যায়। গ্যাসও জ্বলে না। চুনের জল ঘোলাটে হয় না।	গ্যাসটি **নাইট্রোজেন**
5. (i) গ্যাসের বর্ণ দেখ।	5. (i) সবুজ-বর্ণ	গ্যাসটি **ক্লোরিন**, ক্লোরিনের বর্ণ ও গন্ধ আছে।
(ii) গ্যাসের গন্ধ লও।	(ii) গন্ধ তীব্র	
(iii) একটি ফিলটার কাগজ সদ্য প্রস্তুত পটাসিয়াম আয়োডাইড ও শ্বেতসার দ্রবণে সিক্ত কর। এই কাগজকে গ্যাস-জারে ফেলিয়া দাও।	(iii) কাগজ নীলবর্ণ হয়	ক্লোরিন পটাসিয়াম আয়োডাইড হইতে আয়োডিন পৃথক করে। আয়োডিন শ্বেতসারকে নীল করে।
(iv) গ্যাসভর্তি জারে একটি জ্বলন্ত মোমবাতি ধর।	(iv) মোমবাতি লাল শিখার সহিত জ্বলিতে থাকে এবং গ্যাসজারে কালো ঝুল পড়ে।	ক্লোরিন মোমের H_2-এর সঙ্গে যুক্ত হইয়া HCl গঠন করে এবং কারবন (ঝুল) পৃথক হইয়া যায়।
6. (i) গ্যাসের গন্ধ লও।	(i) ঝাঁঝাল গন্ধ	গ্যাসটি **হাইড্রোজেন ক্লোরাইড**।
(ii) গ্যাস-ভর্তি জারে ভিজা নীল লিটমাস কাগজ ধর।	(ii) নীল লিটমাস লাল হয়।	অ্যাসিড বলিয়া নীল লিটমাস লাল হয়।
(iii) অ্যামোনিয়াম হাইড্রোক্সাইড সিক্ত কাচ-দণ্ড গ্যাসজারের মুখে ধর।	(iii) সাদা ধোঁয়া উৎপন্ন হয়।	NH_3-এর সঙ্গে ক্রিয়ায় NH_4Cl উৎপন্ন হয়।

পরীক্ষা	পর্যবেক্ষণ	সিদ্ধান্ত
7. (i) গ্যাসের গন্ধ লও।	(i) ঝাঁঝাল গন্ধে চোখে জল পড়ে।	গ্যাসটি **অ্যামোনিয়া**
(ii) গ্যাস-জারে ভিজা লাল লিটমাস কাগজ ধর।	(ii) লাল লিটমাস কাগজ নীল হয়।	গ্যাসটি ক্ষারধর্মী
(iii) গ্যাসজারে HCl সিক্ত কাচদণ্ড ঢোকাও।	(iii) সাদা ধোঁয়া উৎপন্ন হয়।	NH_4Cl-এর ধোঁয়া উৎপন্ন হয়।
(iv) প্রথমে অতিরিক্ত পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণ ও মারকিউরিক ক্লোরাইড দ্রবণ মিশ্রিত কর। ইহাতে কস্টিক পটাশ দ্রবণ দাও। এই দ্রবণকে নেস্লার দ্রবণ (Nessler's solution) বলে। একটু নেস্লার দ্রবণ গ্যাসজারে ঢাল।	(iv) দ্রবণ বাদামি বর্ণের অধঃক্ষেপ হয়	$NH_2HgOHgI$ উৎপন্ন হয়।
8. (i) গ্যাসের গন্ধ লও।	(i) পচা ডিমের গন্ধ	গ্যাসটি **হাইড্রোজেন সালফাইড**।
(ii) লেড্ এসেটেট দ্রবণে সিক্ত ফিল্টার কাগজ গ্যাস-জারে ঢোকাও।	(ii) ফিল্টার কাগজ কালো হয়।	কালো লেড সালফাইড (PbS) গঠিত হয়।
9. (i) গ্যাসের গন্ধ লও।	(i) পোড়া গন্ধকের গন্ধ	গ্যাসটি **সালফার ডাই-অক্সাইড**।
(ii) ভিজা নীল লিটমাস কাগজ জারে ঢোকাও।	(ii) লিটমাস কাগজ লাল হয়।	অ্যাসিড-ধর্মী।
(iii) লঘু পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট-সিক্ত কাচদণ্ড গ্যাসজারের মুখে ধর।	(iii) লাল পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ বর্ণহীন হয়।	

২২৪। অ্যাসিডিক বা অ্যাসিড মূলকের সনাক্তকরণ (Identification of Acid Radicals) :—

অ্যাসিড	অ্যাসিডমূলক	লবণের নাম
হাইড্রোক্লোরিক—HCl	Cl	ক্লোরাইড
কারবনিক—H_2CO_3	CO_3	কারবনেট
নাইট্রিক—HNO_3	NO_3	নাইট্রেট
সালফিউরিক—H_2SO_4	SO_4	সালফেট
সালফিউরাস—H_2SO_3	SO_3	সালফাইট
হাইড্রোসালফিউরিক—H_2S	S	সালফাইড

অ্যাসিডমূলকের পরীক্ষা দুই প্রকারে হয়। যথা:—**শুষ্ক** (Dry) পরীক্ষা ও **সিক্ত** (wet) পরীক্ষা। সিক্ত পরীক্ষা অধিক নির্ভরযোগ্য।

ক্লোরাইড মূলক—Cl.

পরীক্ষা	পর্যবেক্ষণ	সিদ্ধান্ত
শুষ্ক পরীক্ষা 1.(i) সাধারণ লবণ বা সোডিয়াম ক্লোরাইডের (NaCl) সহিত ম্যাঙ্গানীজ ডাইঅক্সাইড ভালরূপে মিশ্রিত কর। পরীক্ষানলে অল্প মিশ্রণ লও। এই মিশ্রণে ঘন H_2SO_4 ঢালিয়া মিশ্রণকে সিক্ত কর। ইহাকে বুনসেন দীপে ধরিয়া উত্তপ্ত কর।	(i) সবুজ বর্ণের ঝাঁঝালো গ্যাস উৎপন্ন হয়।	(i) এই গ্যাস **ক্লোরিন** গ্যাস। $2NaCl+MnO_2+3H_2SO_4=Cl_2+2NHSO_4+MnSO_4+2H_2O$. লবণটি ক্লোরাইড
সিক্ত পরীক্ষা : (ii) পরীক্ষানলে সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ লও। ইহার মধ্যে সিলভার নাইট্রেট লবণ ঢাল।	(ii) সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে।	সিলভার নাইট্রেট ও অন্য যে কোন দ্রাব্য ক্লোরাইডের ক্রিয়ায় সিলভার ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। ইহা জলে অদ্রাব্য বলিয়া

পরীক্ষা	পর্যবেক্ষণ	সিদ্ধান্ত
(iii) (ii) পরীক্ষায় প্রাপ্ত অধঃক্ষেপের খানিকটা অপর পরীক্ষা-নলে লইয়া উহার মধ্যে নাইট্রিক অ্যাসিড ঢাল।	(iii) অধঃক্ষেপ দ্রবীভূত হয় না।	অধঃক্ষিপ্ত হয়। উহা নাইট্রিক অ্যাসিডে অদ্রাব্য কিন্তু অ্যামোনিয়াম হাইড্রোক্সাইডে দ্রবীভূত হয়।
(iv) (ii) পরীক্ষায় প্রাপ্ত অধঃক্ষেপের আর এক অংশে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড ঢাল।	(iv) অধঃক্ষেপ দ্রবীভূত হয়।	$NaCl+AgNO_3=AgCl+NaNO_3$

সিলভার (Ag), মারকারি (Hg) ও লেড্ (Pb)—এই তিনটি ধাতুর ক্লোরাইড ব্যতীত আর সব ক্লোরাইড জলে দ্রাব্য।

কারবনেট মূলক—CO_3

পরীক্ষা	পর্যবেক্ষণ	সিদ্ধান্ত
শুষ্ক পরিক্ষা 1. (i) একটি মোটা পরীক্ষা-নলে কিছু সোডিয়াম কারবনেট লও। ইহাতে পাতলা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ঢালিয়া তৎক্ষণাৎ পরীক্ষা-নলের মুখে নির্গম-নল-যুক্ত কর্ক আঁটিয়া দাও।	(i) বর্ণহীন গ্যাস উৎপন্ন হয়।	সোডিয়াম কারবনেট ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ক্রিয়ায় বর্ণহীন গ্যাস CO_2 উৎপন্ন হয়। $Na_2CO_3+2HCl=CO_2+2NaCl+H_2O.$
(ii) নির্গম-নলকে স্বচ্ছ চুনের জলের মধ্যে প্রবেশ করাও।	(ii) এই গ্যাস চুনের জলকে ঘোলাটে করে।	CO_2 গ্যাস চুনের জলের সঙ্গে ক্রিয়া করিয়া অদ্রাব্য $CaCO_3$ উৎপন্ন করে।
সিক্ত পরীক্ষা : (iii) পরীক্ষা-নলে সোডিয়াম কারবনেট	(iii) সাদা অধঃক্ষেপ।	(iii) বেরিয়াম ক্লোরাইড ও সোডিয়াম কারব-

পরীক্ষা	পর্যবেক্ষণ	সিদ্ধান্ত
দ্রবণ লও। ইহার মধ্যে বেরিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ যোগ কর।		নেটের ক্রিয়ায় বেরিয়াম কারবনেট অধঃক্ষিপ্ত হয়।
(iv) পরীক্ষা-নলে সোডিয়াম কারবনেট দ্রবণে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ মিশাও।	(iv) ঈষৎ হল্‌দে অধঃক্ষেপ পড়ে।	$BaCl_2+Na_2CO_3$ $=BaCO_3+2NaCl$. সোডিয়াম কারবনেট ও সিলভার নাইট্রেটের ক্রিয়ায় সিল্‌ভার কারবনেট অধঃক্ষিপ্ত হয়।
(v) (iv) পরীক্ষায় প্রাপ্ত অধঃক্ষেপে লঘু HNO_3 কিংবা NH_4OH ঢাল।	(v) অধঃক্ষেপ দ্রবীভূত হয়।	

সোডিয়াম, পটাসিয়াম বা অ্যামোনিয়াম কারবনেট ব্যতীত অন্য সব কারবনেট জলে অদ্রাব্য কিন্তু ইহাদের সঙ্গে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ক্রিয়ায় কারবন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত হয়।

নাইট্রেট মূলক—NO_3

পরীক্ষা	পর্যবেক্ষণ	সিদ্ধান্ত
শুষ্ক 1. (i) পরীক্ষা-নলে পটাসিয়াম নাইট্রেট বা সোরা লইয়া উহার ভিতর তামার ছিল্‌কা (tnrnings) ফেল। এই মিশ্রণের মধ্যে ঘন H_2SO_4 ঢাল।	(i) বাদামি বর্ণের গ্যাস উৎপন্ন হয়।	নাইট্রোজেন পারঅক্সাইড (NO_2) উৎপন্ন হয়।
(ii) নাইট্রেটকে কয়লার উপর ফুৎশিখায় গরম কর।	চটপট শব্দ হয়।	
(iii) **বলয়** (Ring) **পরীক্ষা**ঃ ফেরাস সাল্‌ফেটের ($FeSO_4$) দানা জলে বারবার ধুইয়া	(ii) নাইট্রেটও $FeSO_4$-এর মিশ্রণ এবং H_2SO_4 যেখানে মিশিবে সেখানে	ফেরাস সালফেট দ্বারা নাইট্রেট বা HNO_2 অ্যাসিড বিজারিত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইড (NO)

পরীক্ষা	পর্যবেক্ষণ	সিদ্ধান্ত
পরিষ্কার কর। একটি পরীক্ষা-নলে ইহার দ্রবণ লও। এই দ্রবণে দুই এক ফোঁটা নাইট্রিক অ্যাসিড অথবা কোন নাইট্রেটের দ্রবণ ঢাল। জলের কল খুলিয়া সেই পরীক্ষা-নলকে রাখিয়া জলে ঠাণ্ডা কর। পরীক্ষা-নলকে কাত করিয়া ধর এবং ধীরে ধীরে পরীক্ষা-নলের গা বাহিয়া ঘন H_2SO_4 ঢাল।	একটি বাদামী বর্ণের বলয় গঠিত হয়।	উৎপন্ন হয়। নাইট্রিক অক্সাইড ফেরাস সালফেটে দ্রবীভূত হইয়া বাদামি বলয় গঠিত হয়। $FeSO_4, NO$ যৌগের পরীক্ষা-নলকে গরম করিলে বাদামি বলয় অন্তর্হিত হয়।
(iv) **ব্রুসিন** (Brucine) **পরীক্ষা:**— একটি পোর্সেলেন বেসিনে একটুখানি ব্রুসিন ও নাইট্রেট লও। ইহাতে দুই-এক ফোঁটা বিশুদ্ধ ঘন H_2SO_4 দাও।	(iv) উজ্জ্বল লালবর্ণ দেখা যায়।	

সমস্ত নাইট্রেটই জলে দ্রবণীয়।

সালফেট—SO_4

পরীক্ষা	পর্যবেক্ষণ	সিদ্ধান্ত
শুষ্ক পরীক্ষা: (i) কোন সালফেটের সহিত Na_2CO_3 মিশ্রিত করিয়া কয়লার উপর বিজারক ফুৎশিখায় গরম কর। অবশেষকে দুই অংশে ভাগ কর। এক	(i) রূপার মুদ্রা কালো হয়।	সালফেট বিজারিত হইয়া সালফাইড হয়। ইহা রূপার মুদ্রাকে ও লেড্ অ্যাসেটেট কাগজকে কালো করে।

পরীক্ষা	পর্যবেক্ষণ	সিদ্ধান্ত
অংশকে চক্‌চকে রূপার মুদ্রার উপর রাখিয়া এক ফোঁটা জল দাও।		
(ii) অপর অংশকে পরীক্ষা-নলে লইয়া পাতলা HCl ঢাল এবং পরীক্ষা-নলের মুখে লেড অ্যাসেটেট দ্রবণ সিক্ত কাগজ ধর।	(ii) কাগজ কালো হয়।	
সিক্ত পরীক্ষা ঃ		
(i) পরীক্ষা-নলে সোডিয়াম সালফেটের দ্রবণ লও। ইহাতে বেরিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ দাও।	(i) সাদা ঘন অধঃক্ষেপ পড়ে।	সোডিয়াম সালফেটের ও বেরিয়াম ক্লোরাইডের ক্রিয়ায় বেরিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয়।
(ii) অধঃক্ষেপকে তিন অংশে ভাগ কর। এক অংশে HCl, এক অংশে HNO_3 ও এক অংশে H_2SO_4 ঢাল।	অধঃক্ষেপ কোন অ্যাসিডেই দ্রবীভূত হয় না।	ইহা জলে অদ্রাব্য, সেইজন্য ইহা অধঃক্ষিপ্ত হয়। $N_2SO_4 + BaCl_2 = 2NaCl + BaSO_4$.
(iii) পরীক্ষা-নলে সোডিয়াম সালফেট দ্রবণে লেড অ্যাসেটেট দ্রবণ যোগ কর।	সাদা অধঃক্ষেপ।	$PbSO_4$ অধঃক্ষিপ্ত হয়। কারণ ইহা জলে অদ্রাব্য।

অধিকাংশ সালফেট জলে দ্রাব্য কেবল বেরিয়াম সালফেট ও লেড সালফেট জলে অদ্রাব্য।

সালফাইট মূলক—SO_3

পরীক্ষা	পর্যবেক্ষণ	সিদ্ধান্ত
(i) পরীক্ষা-নলে সোডিয়াম সালফাইট (Na_2SO_3) লও। উহার মধ্যে পাতলা H_2SO_4 ঢাল।	(i) বর্ণহীন গ্যাস উৎপন্ন হয়। গ্যাসের পোড়া গন্ধকের গন্ধ থাকে।	সোডিয়াম সালফাইটের ও H_2SO_4-এর ক্রিয়ায় SO_4 গ্যাস উৎপন্ন হয়। $Na_2SO_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + SO_2 + H_2O$.
(ii) (i) নং পরীক্ষায় প্রাপ্ত গ্যাসের মধ্যে পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট সিক্ত কাচদণ্ড ধর।	(ii) পারম্যাঙ্গানেটের বর্ণ চলিয়া গিয়া দ্রবণের বর্ণ সাদা হয়।	SO_2 পারম্যাঙ্গানেটকে বিজারিত করে।
(iii) সোডিয়াম সালফাইটের দ্রবণে $AgNO_3$ দ্রবণ ঢাল।	(iii) সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে।	সিলভার সালফাইট (Ag_2SO_3) গঠিত হয়। ইহা জলে অদ্রাব্য।
(iv) (iii) পরীক্ষায় প্রাপ্ত অধঃক্ষেপকে তিন অংশে ভাগ কর। এক অংশে HNO_3 ও দ্বিতীয় অংশে NH_4OH যোগ কর। অধঃক্ষেপের তৃতীয় অংশকে উত্তপ্ত কর।	সাদা অধঃক্ষেপ HNO_3 এবং NH_4OHতে দ্রবীভূত হয় না। তৃতীয় অংশ অধঃক্ষেপ বাদামি বর্ণ ধারণ করে।	Ag_2SO_3 অধঃক্ষেপ NH_4OHতে অদ্রাব্য। Ag_2SO_4 বিজারিত হইয়া Ag উৎপন্ন হয়।
(iv) পরীক্ষা-নলে সোডিয়াম সালফাইট দ্রবণ লইয়া ইহাতে বেরিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ ঢাল।	(iv) সাদা অধঃক্ষেপ	সাদা বেরিয়াম সালফাইট অধঃক্ষিপ্ত হয়। $Na_2SO_3 + BaCl_2 = BaSO_3 + 2NaCl$.

পরীক্ষা	পর্যবেক্ষণ	সিদ্ধান্ত
(v) এই সাদা অধঃক্ষেপকে পৃথক করিয়া ইহাতে HCl ঢাল।	অধঃক্ষেপ অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয়।	বেরিয়াম সালফাইট্ HClতে দ্রবীভূত হয়। কিন্তু বেরিয়াম সালফেট HCl-এ দ্রবীভূত হয় না।

সোডিয়াম ও পটাসিয়াম সালফাইট ব্যতীত অন্য সব সালফাইট জলে অদ্রাব্য।

সালফাইড মূলক—S

পরীক্ষা	পর্যবেক্ষণ	সিদ্ধান্ত
1. পরীক্ষা-নলে কঠিন সোডিয়াম সালফাইড (Na_2S) লও এবং ইহার মধ্যে পাতলা HCl বা H_2SO_4 ঢাল।	পচা-ডিমের গন্ধযুক্ত গ্যাস উৎপন্ন হয়।	H_2S-এর গ্যাস পচা ডিমের গন্ধের মত।
2. 1নং পরীক্ষায় উৎপন্ন গ্যাসের মধ্যে লেড্ অ্যাসেটেট দ্রবণে সিক্ত ফিল্টার কাগজ ধর।	এই কাগজ কালো হইয়া যায়।	H_2S গ্যাস ও লেড্ অ্যাসেটেটের ক্রিয়ায় কালো লেড্ সালফাইড গঠিত হয়। $Pb(CH_3COO)_2 + H_2S = PbS + 2CH_3COOH$
3. Na_2S দ্রবণে $AgNO_3$ দ্রবণ ঢালিয়া একটু পাতলা HNO_3 মিশাও।	কালো অধঃক্ষেপ দ্রবীভূত হয়।	Na_2S ও $AgNO_3$-এর ক্রিয়ায় কালো সিলভার সালফাইড উৎপন্ন হয়। $2AgNO_3 + Na_2S = Ag_2S + 2NaNO_3$.
4. অধঃক্ষেপ সমেত দ্রবণকে গরম কর।		

পরীক্ষা	পর্যবেক্ষণ	সিদ্ধান্ত
5. Na_2S দ্রবণ ও লেড অ্যাসেটেট দ্রবণ মিশাও।	কালো অধঃক্ষেপ পড়ে।	লেড্ অ্যাসেটেটও Na_2S-এর ক্রিয়ার কালো লৈড সালফাইড (PbS) উৎপন্ন হয়।·
6. উপরোক্ত কালো অধঃক্ষেপের এক অংশ HCl-এ ঢাল, অপর অংশ HNO_3তে ঢাল।	HCl-এ অধঃক্ষেপ অদ্রাব্য কিন্তু HNO_3তে অধঃক্ষেপ দ্রাব্য।	
7. পরীক্ষা-নলে Na_2S-এর দ্রবণে সদ্য প্রস্তুত সোডিয়াম নাইট্রোপ্রুসাইডের দ্রবণ এক ফোঁটা দেওয়া হইল।	দ্রবণের বর্ণ বেগুনী হয়।	$Na_2[Fe(CN)_5NO]+Na_2S=Na_4[Fe(CN)_3NOS]$

সোডিয়াম ও পটাসিয়াম সালফাইড ছাড়া অন্য সব সালফাইড লবণ জলে অদ্রাব্য।

পরিভাষা

Absolute alcohol—নির্জল কোহল
Acid—অম্ল, অ্যাসিড
Active—সক্রিয়
Affinity—আসক্তি
Alcohol—কোহল
Alkali—ক্ষার
Alkaline—ক্ষারীয়
Alloy—সংকর ধাতু
Alum—ফটকিরি
Amalgam—পারদ সংকর
Amorphous—অনিয়তাকার, অনিবন্ধী
Analysis—বিশ্লেষণ
— Gravimetric—তৌলিক
— Volumetric—আয়তনিক
— Quantitative—মাত্রিক
Anhydride—নিরুদক
Anhydrous—অনার্দ্র
Annealing—কোমলায়ন
Aqueous—জলীয়
Astringent—কষায়
Atom—পরমাণু
Atomic—পারমাণবিক
Balance—তুলা
Base—ক্ষার
Basic—ক্ষারকীয়
Basic salt—ক্ষার লবণ
Basin—বেসিন, খর্পর
Bell metal—কাঁসা
Bleaching—বিরঞ্জন
Blow-pipe—ফুৎনল
Blowpipe flame—ফুৎশিখা
Blue Vitriol—তুঁতে
Boiling—স্ফুটন, ফোটা
Bulb—কুণ্ড
Bubble—বুদ্বুদ
By-product—উপজাত
Calcination—ভস্মীকরণ
Calx—ভস্ম
Catalysis—অনুঘটন
Catalyst—অনুঘটক
Caustic—বিদাহী
Chalk—খড়ি
Chemical—রাসায়নিক
Chemistry—রসায়ন
— Analytical—বৈশ্লেষিক
— Applied—ব্যবহারিক
— Physical—ভৌত
— Practical—ফলিত
Cinnabar—হিঙ্গুল
Clamp—বন্ধনা
Coagulation—তঞ্চন
Coaltar—আল্কাতরা
Combining weight—যোজনভার
Compound—যৌগ, যৌগিক
Combustible—দাহ্য
Combustion—দহন
Composition—সংযুতি
Concentration—গাঢ়তা
Constituent—উপাদান
Conical—শাঙ্কব

Copper—তাম্র, তামা
Cork—ছিপি
Corrosive sublimate—রসকর্পূর
Convex—উত্তল
Concave—অবতল
Crystal—কেলাস, স্ফটিক
Crystalline—কেলাসিত
Crystallisation—কেলাসন
Crucible—মুচি, মূষা
Cylinder—চোঙ
Corrundum—কুরুবিন্দ
Desiccator—শোষকাধার
Decomposition—বিয়োজন
Decoction—কাথ
Decolorization—বিরঞ্জন
Dehydration—নিরুদন
Deliquescence—উদগ্রহ
Deliquescent—উদ্‌গ্রাহী
Destructive distillation—অন্তর্ধূমপাতন
Detonation—বিস্ফোরণ
Decantation—আস্রাবণ
Diamond—হীরক
Diffision—ব্যাপন
Dilute—লঘুকরণ
Distillation—পাতন
Distillate—পাতিত দ্রব্য
Double decomposition—পরিবর্ত
Double salt—দ্বিধাতুক লবণ
Dry test—শুষ্ক পরীক্ষা
Dye—রঞ্জক
Ebullition—স্ফুটন
Effervesceence—বুদ্‌বুদন
Glass—কাচ
Glaze—চিক্কণ-লেপ
Gold—স্বর্ণ

Efflorescence—উদত্যাগ
Element—মৌল, মৌলিক পদার্থ
Elementary—মৌলিক
Emulsion—অবদ্রব
Enamel—মিনা
Energy—শক্তি
Equivalent—তুল্যাঙ্ক
Essential oil—উদ্‌বায়ী তেল, বাণ তেল
Evaporation—বাষ্পীভবন, বাষ্পীকরণ
Extraction—নিষ্কাশন
Experiment—পরীক্ষা
Explosion—বিস্ফোরণ
Fat—চর্বি, স্নেহদ্রব্য
Fatty—স্নেহময়
Ferment—খমির
Fermentation—সন্ধান
Fertilizer—সার
Filtration—পরিস্রাবণ
Filtrate—পরিস্রুত
Fireproof—অগ্নিসহ
Flame, oxidising—জারক শিখা
Flame, reducing—বিজারক শিখা
Flash-point—জ্বলনাঙ্ক
Flocculent—থকথকে
Formula—সংকেত
Fruit sugar—ফলশর্করা
Fuel—ইন্ধন
Furnace—চুল্লী
Fusion—গলন
Galena—সীসাঞ্জন
Gas—গ্যাস
Gaseous—গ্যাসীয়
Mass—ভর
Marble—মার্বেল, মর্মর
Matter—জড়

Graduation—অংশাঙ্কন
Grape sugar—দ্রাক্ষা-শর্করা
Green Vitriol—হিরাকস
Graphite—কৃষ্ণসীস, গ্রাফাইট
Hard water—খর জল
Hardness—খরতা
Hygroscopic—জলাকর্ষী
Ignition—জ্বলন
Inorganic—অজৈব
Incandescent—ভাস্বর
Inert, inactive—নিষ্ক্রিয়
Indicator—সূচক
Indigo—নীল
Inflammable—দাহ্য
Ingredient—উপাদান
Iron—লৌহ, লোহা
„ —Cast—ঢালাই
„—Soft—কাঁচা বা নরম লোহা
„—Wrought—পেটা লোহা
Isomorphous—সমাকৃতি
Lac—লাক্ষা, গালা
Lampblack—ভুষা
Law—নিয়ম, সূত্র
Layer—স্তর
Lead—সীসক, সীসা
Lime—চুন
Limestone—চুনাপাথর
Liquefatction—তরলীকরণ, তরলীভবন
Litharge—মুদ্রাশঙ্খ
Lixiviation—দ্রাবণ
Precipitation—অধঃক্ষেপণ
Putrefaction—পচন
Pyrites—মাক্ষিক
Quartz—স্ফটিক
Quicklime—কলিচুন

Mechanical Mixture—যান্ত্রিক মিশ্রণ

Mercury—পারদ
Metal—ধাতু
Noble Metal—বর ধাতু
Metallic—ধাতব
Metallurgy—ধাতুশিল্প
Mica—অভ্র
Mine—খনি
Mineral—খনিজ
Minium—সীস সিন্দুর
Molecule—অণু
Molecular—আণবিক
Mortar—খল
Nascent—জায়মান
Neutral—প্রশমিত
Neutral salt—প্রশম লবণ
Neutralisation—প্রশমন
Nirre—সোরা
Non-metal—অধাতু
Occlusion—অন্তর্ধৃতি
Organic—জৈব
Orpiment—হরিতাল
Osmosis—অভিস্রবণ
Physical property—ভৌত গুণ বা ধর্ম
Percolation—অনুস্রবণ
Pigment—রঞ্জক
Plating—ধাতু লেপন
Plastic—নমনীয়
Precipitate—অধঃক্ষেপ
Solution—দ্রবণ, দ্রব
Solvent—দ্রাবক
Sieve—চালুনী
Spirit—কোহল, স্পিরিট
Spontaneous Combustion—স্বতোদহন

Radioactive—তেজষ্ক্রিয়
Reaction—ক্রিয়া
Reagent—বিকারক
Realgar—মনছাল, মনঃশিলা
Receiver—গ্রাহক
Rectified spirit—শোধিত কোহল
Reagent—বিজারণ
Retort—বকযন্ত্র, রিটর্ট
Resin—রজন
Ring—আংটা
Residue—অবশেষ
Ruby—পদ্মরাগ, চুনি
Salammoniac—নিশাদল
Saline—লাবণিক
Salt—লবণ
Common salt—খাদ্য লবণ
Compound „ —যৌগ,
Double „ —দ্বিধাতুক লবণ
Neutral „ —প্রশম „
Normal „ —পূর্ণ „
Sandstone—বেলে পাথর

Saponification—সাবান-ভবন
Saturated—সংপৃক্ত
Saturation—সংপৃক্তি
Supersaturated—অতিপৃক্ত
Sediment—কল্ক, গাদ
Silver—রূপা
Solder—ঝাল
Soft water—মৃদু জল
Solubility—দ্রাব্যতা
Soluble—দ্রবণীয়
Stable—স্থায়ী
Standard Solution—প্রমাণ দ্রবণ
Standardization—প্রমিতকরণ
Starch—শ্বেতসার
Still—পাতন-যন্ত্র
Stopper—ছিপি
Sublimation—ঊর্ধ্বপাতন
Sugar—শর্করা, চিনি
Sulphur—গন্ধক
Suspension—প্রলম্বন
Symbol—চিহ্ন
Synthesis—সংশ্লেষণ
Synthetic—সাংশ্লেষিক
Tin—রাং, রঙ্গ
Tempering—পাণ দেওয়া
Theory—তত্ত্ব, বাদ
Trituration—বিবর্ণন
Test-tube—পরীক্ষা-নল
Turpentine—তার্পিন
Trough—দ্রোণী
Union—সংযোগ
Vapour—বাষ্প
Vinegar—সিরকা
Viscous—সান্দ্র
Viscosity—সান্দ্রকতা
Volatile—উদ্বায়ী
Volume—আয়তন
Vermillion—সিন্দুর
Water-tight—জলরোধক
Wax—মোম
White Arsenic—সেঁকো

রসায়ন

নূতন ধরনের প্রশ্ন

NEW TYPE TEST

A. *Fill up the blanks :—*

1. Nitric oxide forms red fumes with—.
2. Nitric acid gives red colour with—.
3. $BaO_2 + H_2SO_4 = BaSO_4 + —$.
4. $N_2 + \qquad = 2NH_2$.
5. Sodium acts on water giving—gas.
6. Hydrogen peroxide liberates—from KI.
7. All nitrates are—in water.
8. Carbon dioxide turns—turbid.

B. *Put X signs against correct answer and O signs against incorrect answer.*

1. CO changes the colour of litmus.
2. Oxygen extinguishes fire.
3. Carbon dioxide burns.
4. Molecular weight is double the density.
5. Ammonia forms red fumes with HCl.
6. Ammonia burns in oxygen.
7. Nitric acid is obtained from KNO_3.
8. Sodium bicarbonate on heating gives Na_2CO_3.
9. Chlorine is obtained by the electrolysis of NaCl.
10. Antimony powder does not take fire in chlorine gas.
11. Bromine is an oxidising agent.
12. Iodine is odourless.
13. Chlorine liberates iodine from iodides.

14. Sulphur burns in oxygen giving sulphur dioxide.

C. *Answer 'Yes' or 'No' to the following questions :—*

1. Can SO_2 decolorise dry flower ?
2. Does nitric acid react with H_2S ?
3. Is SO_2 heavier than air ?
4. Does SO_2 decompose on heating ?
5. Does pressure of a gas change with temperature ?
6. Can hard water be made soft by boiling ?
7. Is hydrogen produced by passing steam over heated iron ?
8. Does palladium absorb hydrogen ?
9. Is sodium a reducing agent ?

D. *There are more than one answer to each question. Put ✓ sign against the correct answer and × sign against incorrect answer.*

1. Carbon dioxide—supports combustion, does not support combustion, extinguishes fire.
2. Magnesium—burns, does not burn in oxygen.
3. Charcoal when placed in boiling water sinks in water because—air goes out of the pores, it gains in weight.
4. Carbon dioxide when passed over red-hot carbon produces—oxygen, carbon monoxide.
5. The chlorine gas decolorises wet flower because—chlorine combines with coloring matter, nascent oxygen decolorises, nascent hydrogen decolorises.

E. *Answer in one word.*

1. Absorption of a gas by a solid.
2. Passage of a liquid through semi-permeable membrane.
3. Mixture of strong nitric and strong hydrochloric acid in 1 : 3 volumetric proportion.

4. The substance which accelerates chemical reaction but does not take part in it.

5. Process of converting water into vapour.

F. *Establish the relationship by putting suitable words in blank space.*

1. Mixture :— : : air : water.

2. Lavoisier : oxygen : : — : nitric oxide.

3. Phosphorus : phosphine : : nitrogen :—

4. Red haematite : Fe : : — : Al.

G. *Keep the relevant portion giving complete correct sentence.*

1. Acid turns red litmus blue/blue litmus red.

2. Metaphosphoric acid is reduced/oxidised to phophorus/-orthophosphoric acid by carbon dioxide.

3. Ammonia burns in air/oxygen producing nitrogen/nitric oxide with yellow/red flame.

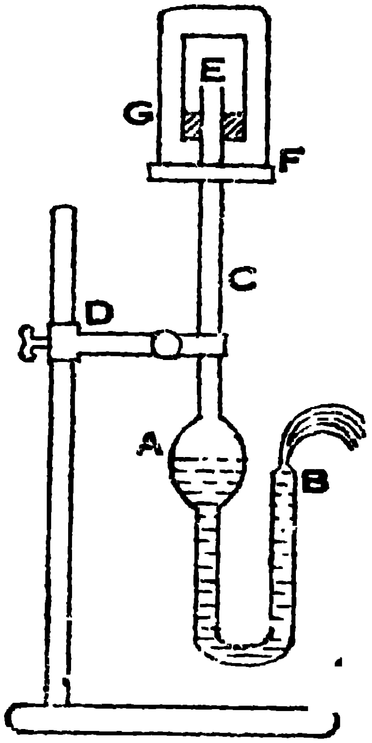
4. Strong dilute H_2SO_4 acts on pure commercial zinc producing hydrogen/oxygen.

H. *Pick out suitable words from column* II *and fill up the blank space in Column* I.

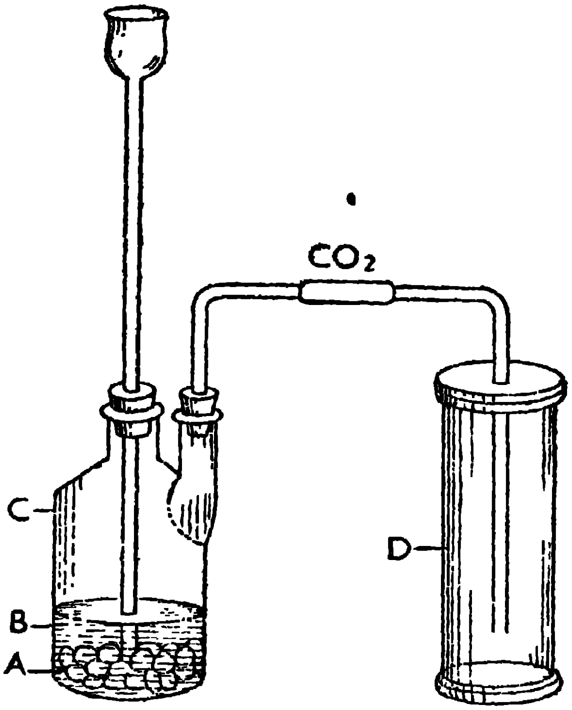
Column I	*Column* II
1. Hot sulphuric acid when mixed with water produces—	twice
2. Molecular weight is—density.	
3. Dry sodium formate produces—with—.	heat
4. Mixture of carbon powder and MnO_2 in H_2O_2 takes—.	fire CO,H_2SO_4

1. Diagramatic Type.

You are given a diagram with some indices such as A, B, C etc. You are to explain what are A, B, C etc.



A



B

Example :—(a) Explain what are A, B, C, D, E, F in A diagram and what law it proves.

(b) Explain what are A, B, C, D in B diagram.

PROBLEMS

For Classes IX and X

1. 50 c. c. of hydrogen were collected over water at 15°C and 770 mm. pressure. What volume will the dry gas occupy at N. T. P.? *(Aq. tension at 15°C is 12·7 mm.)*

(Ans. 47·24 c. c.)

2. 50 c. c. of dry hydrogen were collected over mercury in a tube at 22°C and 740 mm. pressure (levels inside and outside being the same). What volume will the gas occupy if the tube were :

(a) raised so that the level difference is 20 mm.

(b) depressed so that the level difference is 20 mm.

(Ans. 51.40 c. c. ; 48·68 c. c.)

3. 50 c. c. of H_2 at N. T. P. were confined in a tube of cross section 1·2 sq. cm. and standing in a trough of mercury, the column of which stood at a height of 15 cms. The pressure was now changed to 750 mm. and the temperature to 31°C. Find the length of column of tube containing the gas.

(Ans. 47·01 cm)

4. The speeds of diffusion of carbon dioxide and ozone were found to be as 0·29 is to 0·274. The relative density of CO_2 is 22 when $H_2 = 1$. What is the relative density of ozone ?

(Ans. 24·63)

5. 20 c. c. of air diffused through a thin porous membrane in 15 seconds. 84 c. c. of an unknown gas diffused through the same membrane in 78 seconds. If the density of air is 14·48 (H = 1), what is the molecular weight of the unknown gas ?

(Ans. 44·4)

6. Weight of copper oxide odtained.by treating 3·18 gms. of metallic copper with nitric acid and snbsequent heating was 3·98 gms.

In another experiment the weight of metallic copper obtained by passing a current of hydrogen over 1·06 gm. heated cupric oxide was found to be 0·847 gm.

Are these figures in accordance with the law of constant composition ?

(Ans. Yes ; % of O_2 = 25·16, 25·15)

7. On analysis it was found that the black oxide of copper, the red oxide of copper, litharge, the red oxide of lead, and the peroxide of lead contain 79·9%, 88·8%, 92·8%, 90·6% and 86·6% respectively of metal. Establish the law of multiple proportions with the help of these data.

(Ans. Cu = 1 : 2, Pb = 4 : 3 : 2)

8. 0·429 gm. and 0·450 gm. of two oxides of a metal gave on reduction by hydrogen 0·381 gm. and 0·3595 gm. of the metal respectively. Show that the results illustrate the law of multiple proportions. (Ans. Ratio = 2 : 1)

9. Show that the results given below, taken together illustrate a law of chemical action. Enunciate the law :

(a) Magnesium was strongly heated in an atmosphere of nitrogen and yielded a nitride containing 28% by weight of nitrogen.

(b) Concentrated nitric acid was boiled with phosphorus pentoxide, thus it gave an oxide of nitrogen containing 26% by weight of nitrogen.

(c) Again the metal magnesium was heated in a crucible and when all of it was converted into white magnesium oxide it was found that this oxide cantained 40% by weight of oxygen.

10. What is the percentage composition of the following compounds : (*i*) Oxalic acid, $(COOH)_2$ (*ii*) Mohr's salt, $FeSO_4$, $(NH_4)_2SO_4$, $6H_2O$ and (*iii*) White vitriol, $ZnSO_4$, $7H_2O$?

[*Fe* = *56*, *Zn* = *65*, S = *32*]

(Ans. (*i*) C = 26·67% H = 2·22% O = 71·11%
(*ii*) Fe = 14 289%, S = 16·32%, O = 32·65%
N = 7·143% ; H = 2·041% ; H_2O = 27·55%
(*iii*) Zn = 22·65% ; S = 11·51% ; O = 22·30%
H_2O = 43·9%

·0 gm. of copper dissolved in nitric acid on ignition gave 1·25 gm. of cupric oxide. 1·0 gm. of cuprous oxide when ignited in a current of hydrogen gave 0·888 gm. of copper.

Calculate the percentage of copper in each oxide.

(Ans. 80% ; 88·8%)

12. 30·0 gms. of mixture of potassium chlorate and another substance stable towords heat was heated and the loss of weight observed was 5·87 gms. Calculate the percentage of potassium chloate in the mixture. (Ans. 49·95%)

13. Determine the percentage loss in weight that will occur on heating a sample of pure potassium chloride.

(Ans. 39·18%)

14. Find out the Empirical formula of the compounds whose compositions are given below :

(*i*) Mg = 11·96% ; Cl = 34·87% ; H_2O = 53·16%.

(*ii*) Na = 16·08% ; C = 4·19% ; O = 16·78% ; H_2O = 62·95%.

(*iii*) Pb = 62·6% ; N = 8·4% ; O = 29%.

[Mg = 24, Na = 23, Pb = 207, Cl = 35·5, C = 12, N = 14].

(Ans. (1) $MgCl_2, 6H_2O$, (*ii*) $Na_2CO_3, 10H_2O$; (*iii*) $Pb(NO_3)_2$

15. A crystallised salt on being rendered anhydrous loses 45·6% of its weight. The percentage oomposition of anhydrous salt is : Aluminium = 10·5% ; Potassium = 15·1% ; Sulphur = 24·8% ; Oxygen = 49·6%.

Find the simplest formula of the anhydrous and crystallised salt. (Ans. $KAlS_2O_8$; $KAlS_2O_8, 12H_2O$)

16. An organic liquid on analysis gave the following percentage composition : C = 10·06%, H = 0·84%. Cl = 89·10%. Calculate its molecular formula, if its vapour density be 60.

(Ans. $CHCl_3$)

17. A quantity of gas weighing 0·062 gm. occupies 25·64 c. c. at 100°C and 741 mm. pressure. Calculate the molecular weight of the gas. (Ans. 75·9)

18. An evacuated vessel was filled with a gas at 16°C and 740 mm. pressure and gained in weight by 0·4663 gm. The volume of the vessel was found to be 354·9 c. c. Calculate the molecular weight of the gas. (Ans. 32)

19. 2·83 gms. of a gas occupy 3·895 litres at 20°C and 780 mm. pressure. Calculate the molecular weight of the gas.
(Ans. 17·02)

20. 1·25 gms. of pure calcium carbonate when strongly ignited, left a residue of 0·70 gm. The evolved gas was found to occupy 312 c. c. at 27°C and 755 mm. pressure. Calculate the molecular weight of the gas. (Ans. 43·67)

21. 22 c. c. of moist air was collected at 16·5°C and 707·5 mm. pressure when 0·1008 gm. of a substance was vaporised in Victor Meyer's apparatus. Calculate the molecular weight of the substance. [*Aq. tension at 16·5°C = 13·5 mm.*]
Ans. 119·16)

22. In Victor Meyer's method 0·162 gms. of the vapour of a volatile liquid displaced 35 c.c. of air at 23°C and 745 mm. pressure. Calculate the molecular weight. [*Vapour pressure of water at 23°C is 25 mm. and one c. c. of hydrogen at 0°C and 760 mm. pressure weights 0·00009 gm.*] (Ans. 48·16)

23. If 465 c. c. of hydrogen at N. T. P. are obtained by the action of 0·5 gram of magnesium on excess of hydrochloric acid, what is the equivalent weight of magnessium ?
(Ans. 12·04)

24. 0·25 gm. of copper was dissolved in nitric acid and the solution thus obtained was evaporated to dryness. The resulting solid gave a constant weight residue of 0·3135 gm. on strong heating. Calcuulate the equivalent weight of the metal. (Ans. 31·49)

25. 0·139 gm. of a metal when dissolved in dilute hydrochloric acid evolved 29·5 c. c. of hydrogen (when collected over water) at 13°C and 741 mm. pressure. What would be the weight of oxygen present in 100 grams of the oxide of the metal ? [*Aq. Tension at 13°C = 11·2 mm.*] (Ans. 12·2 gm)

26. 0·54 gm. of silver, dissolved in nitric acid, gave on addition of a solution of common salt 0·7175 gm. of silver chloride. Determine the equivalent weight of silver.
(Ans. 108)

27. 1·081 gm. of copper displace 3·670 gms. of silver from a solution of silver nitrate. Find the equivalent weight of copper (*Ag = 107·88*). (Ans. 31·78)

28. Two cells, one containing $CuSO_4$ and the other silver nitrate were placed in the same electric circuit. It was found that 0·106 gm. of copper was deposited at the same time as 0·3597 gm. of silver. Calculate the eq. wt. of silver. (*Eq. wt. of Cu = 31·8*). (Ans. 107·9)

29. 1·73 gm. of cupric sulphide contains 1·15 gm. of copper while hydrogen sulphide contains 94·1% of sulphur. What is the eq. wt. of copper ? (Ans. 31·78)

30. Phosphorus combines with oxygen, hydrogen, chlorine and fluorine to give compounds containing 56·36, 91·17, 22·54 and 35·22 per cent of phosphorus respectively. The vapour densities of these compounds (H = 1) are 110, 17, 68·75 and 44 respectively. From this data deduce the atomic weight of phosphorus. (Ans. 31)

31. 1·5 gm. of pure carbonate of metal produce on heating 0·855 gm. of its oxide. Calculate the atomic weight of the metal if the latter is divalent or monovalent.

(Ans. 42·32, 21·16)

32. The chloride of a metal was found to contain 54·6% of chlorine. The specific heat of the metal was found to be ·054. Calculate the accurate atomic weight of the metal.

(Ans. 118·08)

33. Calculate the equivalent weight and the atomic weight of the metal M from the following data :

(*a*) 0·45. gm. of the metal displaced 560 c.c. of hydrogen from the acid (measured at N. T. P.)

(*b*) Specific heat of the metal is 0·214. (Ans. 9 ; 37)

34. If the specific heat of an element is 0·21 and its equivalent weight is 9·0, what is its valency ? (Ans. 3)

35. The chloride of a metal contained 65·61% of chlorine, the specific heat of the metal was 0·11. Calculate the equivalent and atomic weights of the metal. (Ans. 18·61, 55·83)

36. A metallic chloride contains 26·2% of chlorine, vapour density of the metal is 100·7 and its specific heat is 0·033. Calculate the 'Equivalent weight', 'Atomic weight', 'Molecular weight' and valency of the metal. (Ans. 100, 200, 201·4, 2)

37. The chloride of an element contains 58·68% chlorine. The vapour of the chloride is 91 times as heavy as an equal volume of hydrogen at N. T. P. Find the equivalent weight, atomic weight and valency of the element. (Ans. 25, 75, 3)

38. The oxides of two elements *A* and *B* are isomorphous. The metal *A* whose atomic weight is 52 forms a chloride whose vapour density is 79. The oxide of the metal *B* contains 47·1% of oxygen. Calculate the atomic weight of *B*. (Ans. 26·958)

39. What volume of a solution of hydrochloric acid containing 73 grams per litre would suffice for the exact neutralisation of the sodium hydroxsde obtained by allowing 0·46 gram of metallic sodium to act upon water. (Ans. 10 c. c.)

40. 50 gms. of caustic soda were completely converted into sodium chlorate and sodium chloride by the action of chlorine. What weight of manganese dioxide and what volume of hydrochloric acid (containing 300 gms. acid per litre) were used for the production of necessary amount of chlorine ?

(Ans. 54·375 gm. 304·167 c. c.)

41. A small piece of sodium was thrown into water in a tall beaker. The gas evolved was collected in a graduated tube and measured over water. It was found to occupy 128·1 c.c. at 27°C and 756·5 mm. pressure. Calculate the weight of the metallic sodium used. (*Aqueous Tension at 27°C = 26·5 mm.*)

(Ans. 0·23 gm)

42. What weight of $KMnO_4$ and what volume of HCl (Sp. gr. = 1·212) would be acquired to produce 8·0 litres of chlorine at 15°C and 759 mm. pressure ? [*K = 39 and Mn = 55*]

(Ans. 21·37 gm. ; 32·58 c. c.)

43. What volume of chlorine, measured at 12°C and 780 mm. pressure, can be obtained when 110 gms. of manganese dioxide act upon concentrated hydrochloric acid ? If the acid contains 38% HCl and has a specific gravity of 2·2, what volume of it will be required ? (Ans. 28·8 litres ; 32·58 c. c.)

44. How much manganese dioxide and how much hydrochloric acid (33% HCl) will be required to furnish chlorine necessary to convert 40 gms. of potassium hydroxide completely into chlorate and chlorine ? (Ans. 31·07 gm ; 158·1 gm.)

45. What volume of hydrogen gas measured in dry condition at 20°C and 750 mm. pressure will be evolved by dissolving completely 20 gms. of zinc in excess of hydrocloric acid ? (Ans. 7·494 litres)

46. A balloon of 112 litres capacity is to be filled with hydrogen at a temperature of 27°C and a pressure equal to 8·8 metres of mercury. If the hydrogen has to be produced by the action of steam on iron, calculate how much pure iron will be theoretically required for the purpose. (Ans. 2212·7 gms)

47. What volume of oxygen at 18°C and 754 mm. pressure is liberated by 1·763 gm. of $KClO_3$ when completely decomposed ? What difference would there be in this volume, if it were collected and measured over water ? [*Aq. Tension 15·5 mm.*]
(Ans. 519·5 c.c. ; 530·4 c.c.)

48. A fuel contains 90% carbon and 10% incombustible matter. What volume of air at N. T. P. (containing 21% by volume of oxygen) will be required to burn completely one Kgm. of this fuel ? (Ans. 8000 litres)

49. A large lump of zinc is placed in 100 gms. of a solution of HCl. 150 c.c. of hydrogen at 15°C and 740 mm. pressure are evolved. Calculate the percentage of HCl in the solution.
(Ans. 0·451%)

50. What will be the volume of oxygen, at 27°C and 750 mm. pressure, obtained from 100 c.c. of a 10 volume solution of hydrogen peroxide ?

(**Hints.** 1 c.c. of hydrogen peroxide marked '10 volumes' will liberate 10 c.c. of oxygen at N. T. P.) (Ans. 1113·6 c.c.)

51. 34 gms. of pure hydrogen peroxide is decomposed. Calculate the weight and volume at N. T. P. of oxygen that would be evolved. (Ans. 16 gms ; 11·2 litres)

52. 0·5 gram of impure zinc on treatment with dilute hydrochloric acid gave 160 c.c. of moist hydrogen at 16°C and 755 mm. pressure. Calculate the percentage of pure zinc in the above sample. [*Zn=65·4 ; Aqueous Tension at 16°C=13·53 mm.*]

53. What gas is obtained on heating ammonium nitrate ? Calculate the weight in grams of ammonium nitrate that will

be required to yield 85 litres of this gas at 16°C and 748 mm. pressure. (Ans. 282·3 gms)

54. 12·5 c.c. of nitrogen were collected over a solution at 19°C and 743 mm. pressure. The vapour pressure of the solution at this temperature equals 7 mm. mercury. Find the weight of nitrogen in grams. (Ans. 0·01416 gms)

55. In a certain experiment 10 litres of carbon dioxide at 27°C and 765 mm. pressure are required. How much marble of 96·5% purity would be required to prepare the above quantity of the gas at the experimental conditions ? (Ans. 42·39 gms)

56. What weight of sulphuric acid will be required to completely dissolve 3 gms. of magnesium carbonate ? Calculate the volume of carbon dioxide evolved at N. T. P.

(Ans. 3·5 gms. ; 0·8 litres)

57. 5·0 gms. of iceland spar ($CaCO_3$) were added to 7·5 gms. of dilute hydrochloric acid. After the action was over, it was found that 0·50 gm. of iceland spar was left undissolved. Calculate the percentage strength of hydrochloric acid.

What volume of CO_2 measured at N. T. P. will be evolved in the above reaction ? (Ans. 43·8% ; 1·008 litres.)

58. Calculate the maximum weight of iron oxide obtained when one litre of steam at 100°C and 760 mm. pressure is passed over red hot iron. (Ans. 1·895 gms.)

59. Calculate the weight of potassium chlorate required to supply 2 litres of oxygen at 20°C and 778 mm. pressure when the gas is collected over water at 20°C and at this temperature the vapour pressure of water is 18 mm.

(Ans. 6·794 gms)

60. 1·4 gram of a sample of chalk ($CaCO_3$) containing clay as an impurity were treated with an excess of dilute HCl. The volume of the resulting gas at 15°C and 767 mm. pressure was 282 c.c. Calculate the percentage purity of the sample.

(Ans. 88·06%)

W. B. Higher Secondray Final Examination—1960

CHEMISTRY (Science Group)

Special credit will be given for answers which are brief and to the point. Marks will be deducted for spelling mistakess and bad hndwriting,

The questions are of equal value

Three marks are reserved for neatness and generil impression.

1. What do you understand by the terms :

Atom, molecule, symbol and,formula ?

What does a chemical equation indicate ? Illustrate with reference to the equation $N_2+3H_2=2NH_3$. What does not this equation state about the chemical reaction involved ?

2. State the law of conservation of mass. How would yon verify it experimentally ? How do you explain the loss in weight of a candle on burning in open air ?

3. State Avogado's hypothesis :

One volume of hydrogen combines with one volume of chlorine to form two volumes of hydrochloric acid gas (the volumes are measured under the same conditions of temperature and pressure). Deduce the formula of hydrochloric acid gas from this observation, given that molecules of hydrogen and of chlorine are diatomic.

Prove that molecular weight of a gas or vapour is twice its vapour density.

4. Write short notes on :

(a) Water of crystallisation. (b) catalysis, and

(c) Super-saturated solution. Give examples,

5. Calculate the weight of potassium chlorate which on heating will liberate 3·04 litres of oxygen at 27°C. and 750 mm. pressure. (At. wt. of. K = 39, and of Cl = 35·5).

6. (a) What do you understand by 'oxidation' and 'reduction' ? Give examples.

(b) What is 'nascent state' ? How would you prove that nascent hydrogen is a stronger reducing agent than ordinary hydrogen ?

7. How is hydrogen peroxide prepared ? State its important properties and uses.

What happens when a dilute aqueous solution of hydrogen peroxide is evaporated on a water-bath ?

8. State, giving equations, what happens when :

(a) Lead nitrate is strongly heated, (b) Sodium nitrate is heated with concentrated sulphuric acid. (c) Moderately dilute nitric acid is added to copper turnings, and (d) Ammonium nitrate is heated.

Mention in each case the colour of the gas or vapour evolved and also of the residue, if any.

9. How is ammonia prepared in the laboratory ? How is the gas dried and collected ? Sketch the apparatus used. State its principal properties and uses.

10. Describe briefly how the following substances are prepared :

(a) Orthophosphoric acid from bone-ash, (b) red phosphorus from white phosphorus, (c) hydrochloric acid from sodium chloride, and (d) chlorine from concentrated hydrochloric acid.

State the important physical and chemical properties of chlorine.

SECOND PAPER

1. (a) What is meant by equivalent weight of an element ? How is it related to its atomic weight ?

(b) 2 0 gms. of lead were completely converted into its oxide, which weighed 2 1544 gms. What is the equivalent weight of lead ?

2. What is a normal solution ?

Calculate the volume of decinormal sulphuric acid required to neutralise 500 c. c. of a solution containing 2·5 gms. of caustic soda per litre (At. wt. of Na = 23). Give the ionic explanation of what happens during neutralisation.

3. Write a short para on each of the following :
(a) structure of an atom. (b) electrovalency and covalency, (c) destructive distillation.

4. Define the terms : ‘electrolyte’, ‘anions’ and ‘cations’. Give examples.

State Faraday’s laws of electrolysis. Deduce from these laws : (a) definition of electro-chemical equivalent and (b) relationship between chemical equivalent and electro-chemical equivalent.

5. How is sulphur dioxide prepared in the laboratory ? State its principal physical and chemical properties. Explain its beaching action.

6. Describe the laboratory method of preparation, purification and collection of carbon monoxide. Compare its properties with those of carbon dioxide. State two of its uses.

7. Describe any method of preparing methyl alcohol. How is it converted into formaldehyde ? Give their structural formulæ. What do you understand by ‘methylated spirit’ and ‘formalin’ ?

8. How is aluminium extracted from bauxite ? State three of its chemical properties and two of industrial uses. What is ‘thermit’ process ?

9. Describe the reactions involved in the different stages of extraction of copper from copper pyrites. How is the metal refined ? State two of the principal uses of the metal.

10. Name the raw materials used in the blast furnace for extraction of pig iron. Give a brief description of the reactions and explain them with the help of simple equations.

State very briefly the principle of preparation of steel from pig iron. (Description of any of the processes is not required).

What is rust ? Mention two methods for rust-prevention.

CHEMISTRY (Science Group) 1961

FIRST PAPER

Group A

(*Answer any* **three** *questions.*)

1. Explain the following terms with reference to one example :

solution, solvent, solute.

Starting from a dilute solution of sodium chloride in water, how would you prepare (*a*) pure water, and (*b*) pure crystals of sodium chloride ? Give experimental details.

2. Describe *one* experiment in *each* case to prove that :

(*i*) air contains oxygen :

(*ii*) it is a mixture and not a compound of oxygen and nitrogen ; and (*iii*) oxygen and nitrogen are present in air in the ratio of approximately 1 : 4 by volume.

3. State Dalton's 'Atomic Theory' and indicate its utility. Explain what you understand by 'atomic weight' of an element.

4. Write short notes on any *three* of the following :—

(*a*) acidic oxide and basic oxide ;

(*b*) hard water and soft water ;

(*c*) Gay-Lussac's law of gaseous volumes ; and

(*d*) solubility curves.

5. Calculate the weight of zinc which when dissolved in excess of dilute sulphuric acid will liberate 0·57 litre of hydrogen at 27°C. and 170 mm. pressure. How much $ZnSO_4$ will be produced ? [At. wts.— Zn = 65·38, S = 32]

Group B

(*Answer any* **three** *questions.*)

6. When mercuric oxide is strongly heated in a hard glass tube, a gas is evolved ; what is the name of the gas ? Describe the laboratory method of preparation of the gas from potassium chlorate and explain why it is mixed with manganese dioxide. Describe *four* experiments to demonstrate that the gas supports combustion and acts as an oxidising agent in each case. Give equations.

7. How is hydrochloric acid gas prepared in the laboratory? Describe experiments to illustrate: (*a*) it is very soluble in water and is acid to litmus; (*b*) its reaction with ammonia gas and (*c*) with silver nitrate solution.

What happens when concentrated hydrochloric acid is electrolysed?

8. (*a*) Describe two purely chemical reactions by which hydrogen may be obtained from water. Give eqations.

(*b*) Describe an experiment to show that water is produced when hydrogen reduces an oxide of a metal.

9. How is white phosphorus obtained from a mineral containing calcium phosphate?

Starting with phosphorus, how would you prepare (*a*) red phosphorus, (*b*) phosphorus pentoxide and (*c*) orthophosphoric acid?

10. A colourless crystalline compound has the following percentage composition: sulphur 24·24 per cent., nitrogen 21·21 per cent., hydrogen 6·06 per cent.; the rest is oxygen. Determine the empirical formula of the compound. Give the name of the compound if the molecular formula be the same as the empirical formula and if it is found to be a sulphate.

What will happen if the compound is heated with a concentrated solution of sodium hydroxide? Give equation.

[At. wts.—S = 32, N = 14]

SECOND PAPER

Group A

(*Answer any* **three** *questions.*)

1. Describe an experiment for the determination of equivalent weight of zinc by displacement of hydrogen from an acid. Indicate the method of calculation from experimental data.

2. (*a*) How would you prepare a decinormal solution of soidum carbonate?

(*b*) 25 ml of 1·12 N/10 sodium hydroxide require 24·0 ml of a solution of sulphuric acid for complete neutralisation Calculate the strength of the acid in terms of normality and grams per litre.

[I ml may be taken as equal to 1 c.c.] [At. wt.—S = 32]

Explain the reaction with the help of an equati mentioning the ions which disappear during neutralisation,

4. Write short notes on protons, electrons. Give the electronic explanation of the formation of the molecules of sodium fluoride and fluorine. Mention the type of valency exhibited in each case,

[Atomic number : Na = 11, F = 9]

4. How is carbon dioxide prepared in the laboratory ? Give equation for the reaction. State *four* important properties and two uses of the gas.

How would you convert sodium carbonate into sodium *vice versa* ?

5. How is sulphuric acid prepared by the lead-chamber process ? Explain the chemical reactions involved. (Description *or* sketch of the commercial plant is not required.)

State the properties and uses of the acid.

Group B

(*Answer any* **three** *questions.*)

6. Describe the chemical reactions which occur in the process of manufacture of zinc blende. State its chemical properties and two of its uses. Name two alloys of zinc and mention what other metals they contain.

7. Give a neat sketch of the blast furnace used in the extraction of iron, and describe how the process is carried out Why is limestone added ? Give equations for the reactions which take place in the blast furnace.

8. How are the following compounds prepared :—crystalline copper sulphate, anhydrous aluminium chloride, litharge and red lead ?

Give the formulae of these compounds.

What is the action of water on anhydrous aluminium chloride and of dilute nitric acid on red lead ? Give equations for the reactions.

9. How is methyl alcohol obtained from products of wood ? Give its structural formula. What happens when the alcohol is acted upon by the following substances :—

(*a*) phosphorus pentachloride.
(*b*) concentrated sulphuric acid, and
(*c*) oxidising agents ?

10. How is acetylene prepared ? State two of its uses. Mention two reactions which show that it is an unsaturated compound. Give equations with structural formulae of the compounds. State two other properties of acetylene.